

西湖风景名胜区不同类型森林群落的空间分布及 β 多样性

陈 攀^{1,2}, 慎佳泓³, 胡 广², 沈国春², 张方钢⁴, 李铭红^{1,*}, 于明坚²

(1. 浙江师范大学生态研究所, 金华 321004; 2. 浙江大学生命科学学院, 杭州 310058;
3. 湖州市环境保护局, 湖州 313000; 4. 浙江自然博物馆, 杭州 310012)

摘要:通过样地调查方法、TWINSpan、 β 多样性指数和 DCA、CCA 排序分析,研究了杭州西湖风景名胜区不同森林群落的空间分布及物种多样性沿距离梯度的分布规律。结果表明:(1)TWINSpan 和 DCA 分析显示,43 个调查样方可分为 6 种群落类型,不同群落类型的生境条件和群落组成均有一定的差异。(2)随着样地间距离的增大,群落间的 Sorensen 指数有逐渐变小的趋势,但不一定呈规律性的减少。(3)对 43 个样地不同种群的生境因子(包括坡向、坡度、坡位、海拔、郁闭度等)和物种优势度的 CCA 分析结果显示,影响光照和水分分布的主要生境因子海拔、郁闭度和坡位对西湖山区植物群落的分布以及种群的数量特征等具有重要影响。总体而言,物种扩散限制和生境条件变化是影响森林群落 β 多样性的主要因子。

关键词:西湖名胜风景区; 森林群落; β 多样性; Sorensen 指数; 典范对应分析; 除趋势对应分析

文章编号:1000-0933(2009)06-2929-09 中图分类号:Q145, Q948, S718.5 文献标识码:A

Spatial distribution and beta diversity of forest communities in mountainous areas of the West Lake in Hangzhou, East China

CHEN Pan^{1,2}, SHEN Jia-Hong³, HU Guang², SHEN Guo-Chun², ZHANG Fang-Gang⁴, LI Ming-Hong^{1,*}, YU Ming-Jian²

1 Institute of Ecology, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China

2 College of Life Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

3 Bureau of Environmental Protection of Huzhou Municipality Huzhou 313000, China

4 Natural History Museum of Zhejiang Province, Hangzhou 310012, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(6): 2929 ~ 2937.

Abstract: This paper studied on spatial distribution and distribution patterns of species diversity along distance gradient of different forest communities in mountainous areas of the West Lake in Hangzhou, by using quadrat method, and TWINSpan, β diversity indices and DCA, CCA ordination analysis. The results showed that: (1) 43 plots could be classified into six kinds of community types by using TWINSpan and DCA. The habitat condition and species composition of different communities were both varied in those communities respectively. (2) With the increasing distance between communities, the Sorensen index tends to decline, but not always decline with regularity. (3) CCA based on the ecological important values and habitat factors of these 43 plots revealed that aspect, slope and slope-position, elevation and crown closure that affecting solar radiation and water distribution affect the distribution pattern of plant communities and quantitative of population respectively. In all, the forest community β diversity is mainly decided by its habitat condition variation and species dispersal.

基金项目:杭州市科技发展计划资助项目(2004113B050); 浙江省科技计划资助项目(2007C22084)

收稿日期:2009-01-21; **修订日期:**2009-03-16

致谢:郑朝宗教授帮助鉴定植物; 浙江师范大学吕洪飞教授对写作给予帮助; 赵谷风、张洋等参加野外调查和数据分析, 在此一并致谢。

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: sky82@zjnu.cn

Key Words: mountains area of the West Lake; forest community; beta diversity; Sorensen index; CCA; DCA

森林是生物多样性最丰富的生态系统,由于森林类型及其结构和功能的多样性,生物多样性的各种规律在森林中都有不同程度的体现和表达^[1]。对森林多样性的研究一般包括群落多样性和物种多样性两个层次,其中物种多样性是生物多样性研究的基础^[2]。物种多样性是反映群落中的物种数目、个体数量极其均匀程度的综合数量指标^[3]。自 1943 年 Williams 提出物种多样性的概念和 Fisher 提出物种多样性指数的概念以来,已有许多物种多样性的测度方法相继问世^[4]。1949 年, Simpson 提出了多样性的反面即集中性的概率度量方法;1957 年, Marglef 首次将信息测度公式引入生态学,后来 Pielou、Whittaker 等学者建议采用相对盖度、重要值或生物量等作为多样性的测度指标。为了确定生物在空间内的多样性, Whittaker 引入了 α 、 β 、 γ 多样性的概念^[5]。其中 β 多样性可用于分析不同生境间的梯度变化,对存在明显的生态梯度的地区更为有效;它反映了环境梯度上物种的替代程度、物种周转速率、物种替代速率和生物变化速率等,可以直接地反应不同群落之间物种组成的差异。

20 世纪 80 年代中期, Whittaker 把植物群落排序与分类方法作了理论上的概括,表明排序与分类两者是相互补充的,并能以各种方式相组合而更有效地研究和说明植物群落及其与环境的关系。在此基础上,群落排序和分类方法得到了迅速的发展,1979 年, Hill^[6]提出 TWINSpan 的数量方法,该方法通过数量分类以指示种来区别群落,对植物群落进行分类。2005 年, Hill 和 Smilauer^[7]把 TWINSpan 与 Windows 结合起来,使数据处理更加方便,可与 DCA、CCA 等排序方法结合,用于群落结构与分类、群落与环境之间的关系分析。国内这几年这方面也做了不少工作,康永祥^[8]等通过聚类分析对辽东栎群落的 30 个样地进行群落的划分及其生态位特征的分析,刘海江^[9]等对浑善达克沙地丘间低地草本植物群落进行的分类与排序。把植物群落数量分类、排序与群落功能团结合起来,深入分析群落的分布规律以及其群落功能团对环境变化和人为干扰的响应,是当前新的热点。

国内的群落多样性研究比国外起步晚,主要内容研究包括群落演替过程中物种多样性动态,应用不同测度指标计算群落多样性结果的比较,群落多样性与环境梯度的关系等。到 90 年代初,我国植物群落多样性的研究已经成为生态研究的热点。彭少麟、王伯荪等等对植物群落多样性开展了许多研究^[10],马克平对生物群落多样性的测度方法 II (β 多样性的测度方法)作了比较系统的阐述^[11], Hanna、Kalle 等^[12]对 β 多样性的分析和解释以及它的两种方法的适用范围,对我国这一领域的发展起了很积极的推动作用;马克明、叶万辉等^[13]采用 β 多样性指数和分形分析方法对东灵山暖温带森林样带上群落多样性随海拔梯度的空间变异规律进行了研究;郝占庆、于德永等^[14]对长白山北坡植物群落 β 多样性的分析,阐明了 β 多样性指数与海拔梯度、取样面积两者之间的关系。总的来说,国内对植物群落物种多样性的研究主要集中于多样性在环境梯度和群落演替过程中的变化^[15~21],放牧对植物多样性的影响^[22],植物群落多样性对自然因子和人为因子的响应^[23,24]等。

西湖自然风景名胜地区地处杭州市的市区,其中的西湖山区以低山丘陵为主,分布面积达 40km²,保存着亚热带地区除了自然保护区外难得见到的森林植被,是杭州乃至周边居民生态旅游主要去处,对杭州的可持续发展起了十分重要的作用。近 30a 来,随着杭州城市的不断发展,人为干扰日益严重,开发建设和旅游活动深入西湖风景名胜区的每一座山,本文采用样地调查的方法,研究西湖风景名胜区森林群落的空间分布以及 β 多样性的现状,旨在为西湖风景名胜区森林管理、生态旅游规划乃至杭州的生态城市建设提供科学依据。

1 研究地自然概况和植被资源

西湖风景名胜地区位于杭州城区西部,地处亚热带季风气候区,四季分明。年平均气温 16.2℃,7 月平均气温 28.6℃,最冷的 1 月平均气温 3.7℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 的平均积温为 5101.9℃;年均降水量 1399mm,年均相对湿度 80% 左右,无霜期 246d,生长期长达 311d^[25]。其中的西湖山区以低山丘陵为主,岩石主要是由第四世纪的凝灰岩、流纹岩、酸性岩浆岩等的风化体发育而成,有红壤、石灰(岩)土、水稻土、淤灌土等土类^[26]。

西湖风景名胜区的森林植被主要分布在西湖山区一带,均为次生和人工植被。本文中 43 个研究样地均设在此,约位于北纬 $30^{\circ}11'191'' \sim 30^{\circ}16'014''$,东经 $120^{\circ}04'743'' \sim 120^{\circ}08'968''$ (图 1)。

2 研究方法

2.1 样地设置

根据卫星图片,结合对西湖风景名胜区森林植被的实地勘察,在该区选了 25 个研究地点,分别是栖霞岭、玉皇山、北高峰、梅家坞、乌龟潭、龙井、九溪、灵隐寺、灵隐茶园、虎跑、灵峰、老和山、理安寺、五云山、云栖、飞来峰、桃桂山、花圃、三分叉、桃源岭、外大桥、中天竺、植物园、烟霞洞、美人峰等。在上述地点,选择典型地段设置成 $20\text{m} \times 20\text{m}$ 的样地,共有 43 个样地,海拔最低的样地与最高之间的差是 250m,最高的是北高峰 275m,各样地的分布见图 1。

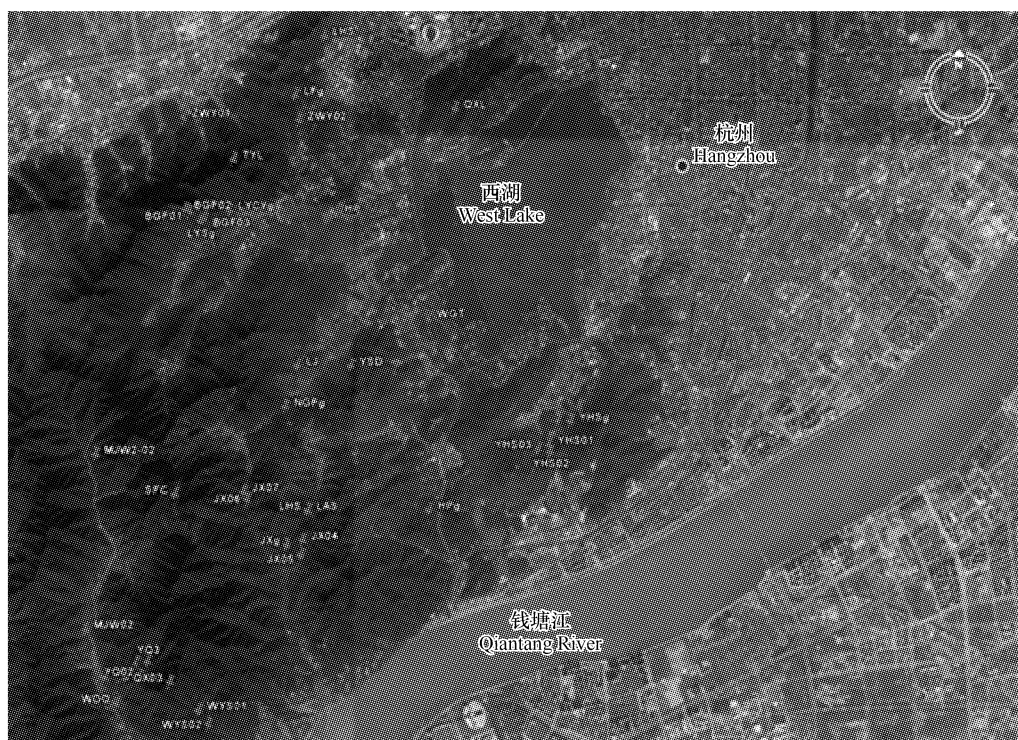


图1 研究区及样地位置图(底图来自 google earth)

Fig. 1 Location of research areas and plots (from google earth)

BGF(g,01、02、03):北高峰,FLF:飞来峰,HPg:虎跑,HP:花圃,JX(g,05、06、07):九溪,LAS:理安寺,SFC:三分叉,TGS:桃桂山,TYL:桃源岭,WDQ:外大桥,WYS(01、02、04):五云山,YXD:烟霞洞,YHS(g,01、02、03):玉皇山,YQ(01、02、03):云栖,ZWY:植物园,ZTZ:中天竺,LHS:老和山,LJ:龙井,NGFg:南高峰,WGT:乌龟潭,MJW(02、02-2):梅家坞,LYCYg:林隐茶园,QXL:栖霞岭,LYS g:灵隐寺

2.2 数据收集

每个 $20\text{m} \times 20\text{m}$ 的样地分成 16 个 $5\text{m} \times 5\text{m}$ 的小样方进行调查,记录所在样地的群落特征及周围生境,在 $5\text{m} \times 5\text{m}$ 的小样方内,对胸径 $\geq 3\text{cm}$ 或树高 $\geq 5\text{cm}$ 的乔木层个体进行每木调查,记录每个样方中乔木层个体的种类、胸径、高度和冠幅;在每个 $5\text{m} \times 5\text{m}$ 的小样方的右下角 $2\text{m} \times 2\text{m}$ 处进行灌木层的调查,记录灌木的种类、高度和盖度;草本则在右下角 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 处进行调查,记录种类、高度和盖度。同时,记录样方内的层间植物种类。此外,在整个 $5\text{m} \times 5\text{m}$ 内记录其它植物种类。

2.3 数据处理

(1)重要值

乔木层的重要值 $IV = [\text{相对密度}(\%) + \text{相对显著度}(\%) + \text{相对频度}(\%)]/3$

灌木层和草本层的重要值 $IV = [\text{相对盖度}(\%) + \text{相对频度}(\%) + \text{相对密度}(\%)]/3$

式中,相对显著度为样方内乔木胸高断面积之和/所有乔木胸高断面积之和。

(2) 群落相似系数

Sorensen 指数:

$$C_s = 2j/(a + b)$$

式中, j 为 2 个对比群落中的共有种数; a 和 b 分别为 2 个群落中各自包含的物种数。

(3) TWINSpan、DCA 和 CCA 计算

采用国际通用的 Braak 设计的 CANOCO4.5 软件包标准程序中的 TWINSpan、DCA、CCA 对景区内植物群落进行排序,并用 Pearson 相关性分析检验排序轴和环境因子之间的相关性。CCA 要求的两个原始数据矩阵:种类组成矩阵和生境因子数据矩阵。此研究的种类组成为 $P \times N$ 维的物种重要值矩阵,其中 P 为植物的总数, N 为样地数生境因子包括海拔、坡度、坡向、坡位、郁闭度等 5 个因子。坡位以数字表示,其中 1、2、3、4、5 分别代表沟谷、下坡、中坡、上坡、山顶或山脊,数字越大坡位越高;坡向原始记录以数字为起点(即为 0)。数据处理时采取每 45°为一个区间的划分等级制的方法,以数字表示各等级,3 表示西坡(317.15 ~ 22.15°)和东坡(157.15 ~ 202.15°),4 表示西南坡(292.15 ~ 317.15°)和东南坡(202.15 ~ 247.15°),5 表示南坡(247.15 ~ 292.15°),2 表示东北坡(112.15 ~ 157.15°)和西北坡(22.15 ~ 67.15°),1 表示北坡(67.15 ~ 112.15°),数字越大,表示越向阳。

3 结果和分析

3.1 森林植物群落分类

应用 TWINSpan 对所调查的 43 个样地进行分类(图 2),43 个样地可分 6 种类型,代表 6 种物种组成和生境条件不相同的群落类型。

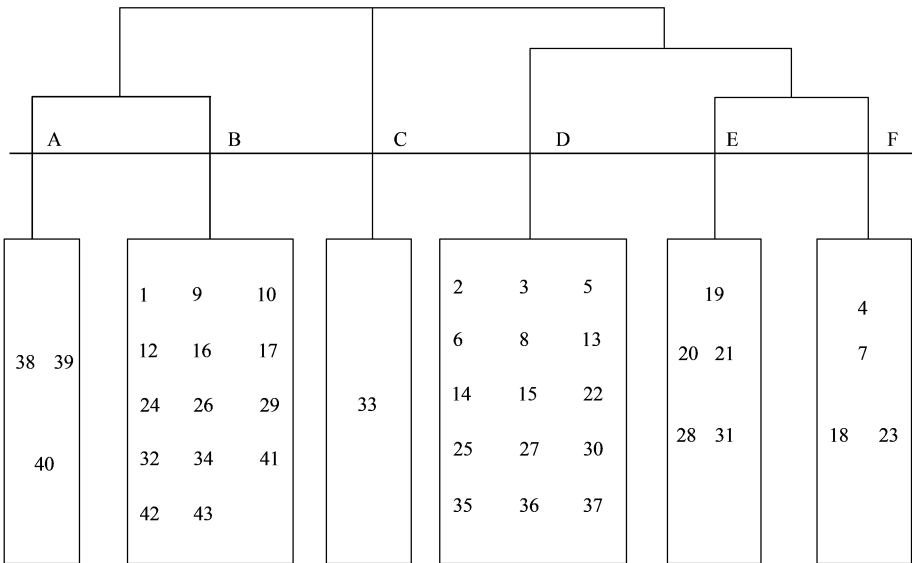


图2 43个样地乔木层的 TWINSpan 分类树状图

Fig. 2 TWINSpan classification of tree layer in 43 plots

图中 A、B、C、D、E、F 分别表示 6 个不同的群落类型,1 ~ 43 代表不同的样地 A, B, C, D, E and F denotes six different types of community respectively, and the code from 1 to 43 denotes 43 different plots respectively

群落类型 A 为毛竹林。毛竹林在西湖山区分布较广,现存的均为人工林,主要分布于山体下部的村庄附近,在云栖最为集中,群落总郁闭度高,林下见光度低,灌木层和草本层十分稀疏。

群落类型 B 主要的是落叶阔叶林和常绿落叶阔叶混交林。其中的落叶阔叶林包括朴树、珊瑚朴落叶阔叶林和枫香落叶阔叶林,乔木层主要以朴树 (*Celtis sinensis*)、珊瑚朴 (*Celtis julianae*)、枫香 (*Liquidambar formosana*)、槲栎 (*Quercus aliena*) 等落叶树为主;主要分布在北高峰、南高峰、栖霞岭、乌龟潭和花圃。常绿落

叶阔叶混交林包括樟落叶阔叶树混交林、青冈落叶阔叶树混交林和木荷落叶阔叶树混交林,乔木层以青冈 (*Cyclobalanopsis glauca*)、木荷 (*Schima superba*)、樟 (*Cinnamomum camphora*) 等常绿阔叶树种和枫香、榲桲、麻栎 (*Quercus acutissima*) 等落叶阔叶树占优;主要分布在北高峰、五云山、南高峰、玉皇山和植物园。

群落类型 C 是秃瓣杜英林。为人工林,秃瓣杜英 (*Elaeocarpus glabripetalus*) 在乔木层占绝对优势,伴生种有樟,在玉皇山的样地有较大面积分布,但在整个西湖山区仅占很少部分。

群落类型 D 主要为常绿阔叶林,还有一部分针阔叶混交林和针叶林。常绿阔叶林包括米槠-木荷林、苦槠-木荷林、木荷-青冈林等,乔木层主要以米槠 (*Castanopsis carlesii*)、木荷、苦槠 (*Castanopsis sclerophylla*)、青冈等常绿阔叶树种占优;主要分布在云栖、北高峰、梅家坞、灵隐寺、九溪等地。针阔叶混交林和针叶林包括马尾松-木荷林、马尾松-苦槠林和马尾松林等,马尾松 (*Pinus massoniana*) 为乔木层优势种或共优种;主要分布在老和山、北高峰、灵隐等地。

群落类型 E 主要是青冈为优势种的常绿阔叶林,以青冈占优势,木荷、苦槠、红楠 (*Machilus thunbergii*) 和浙江楠 (*Phoebe chekiangensis*) 等常绿阔叶种类为共优种或伴生种。该类型在区域内分布较广,在九溪、外大桥、植物园等地均有较大面积分布。

群落类型 F 主要是苦槠、浙江楠为优势种的常绿阔叶林。乔木层以苦槠和浙江楠为主,伴生种为木荷、红楠和樟等常绿阔叶树种以及少量枫香、野漆树 (*Toxicodendron succedaneum*) 等落叶阔叶树,这种类型在灵峰、梅家坞、理安寺、九溪等地均有较大面积分布。

3.2 DCA 排序

采用 DCA 排序的方法对西湖山区的 43 样地进行排序,前两个轴的数量特征值分别是 0.862 和 0.588。从各样地在空间上的排序图 (图 3) 来看,排序效果较好,与 TWINSpan 的分类结果基本一致。将研究区域植被类型的 43 个样地分为 6 组,第一轴从左往右依次是常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、落叶阔叶林和针阔混交林、竹林。从中可见,植物群落沿排序轴的水平方向是受群落优势种群的组成控制的。沿排序轴对角线的垂直方向,针叶树所占的比例基本上呈逐渐减少的趋势、排序结果大致反映了西湖山区 43 个样地群落类型的分布状况。从 DCA 排序图看,秃瓣杜英林被单独作为一个群落列出,主要是因为其为人工林,群落的物种组成与其他群落存在明显的差异,故被单独划分出来。

3.3 CCA 排序

采用 CCA 对所调查的 43 个样地进行分析,数码是样方的序号,箭头表示生境因子,箭头连线的长短表示植物物种和群落的分布与该生境因子相关性的,箭头连线与排序轴的夹角的大小表示生境因子与排序轴相关性的,夹角越小说明关系越密切,箭头所处的象限表示生境因子与排序轴之间的正负相关性,得到排序图 (图 4)。

前 3 个排序轴的特征值分别为 0.409、0.239 和 0.145。生境因子与前两个排序轴的相关系数见表 1。从表 1 可以看出,与 CCA 排序图中第一轴相关系数较高的是海拔 (elevation)、坡度 (slope)、坡位 (slope-position)。分别是负相关 0.669、0.512、0.399。说明第一排序轴由左至右基本反映了海拔的程度由低变高的趋势。与第二轴的相关性,以郁闭度 (crown closure) 为最高,呈负相关,达到 0.544;其次是坡位,为正相关 0.520。说明第二排序轴由下至上基本反映了郁闭度增大和坡位增高的趋势。

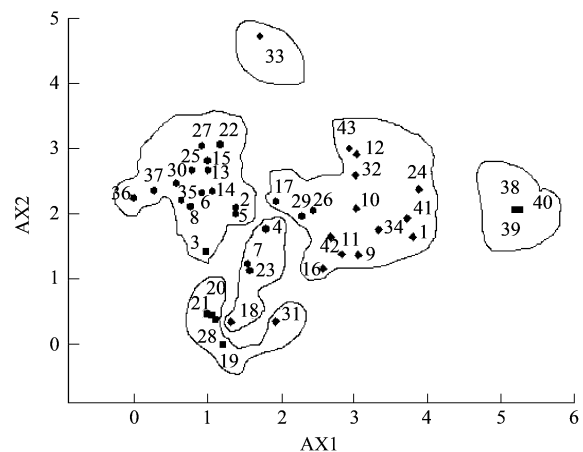


图 3 43 个样地的 DCA 二维排序

Fig. 3 Two-dimensional DCA ordination of 43 plots

图中 1~43 代表不同的样地 The codes from 1 to 43 denotes 43 different plots respectively

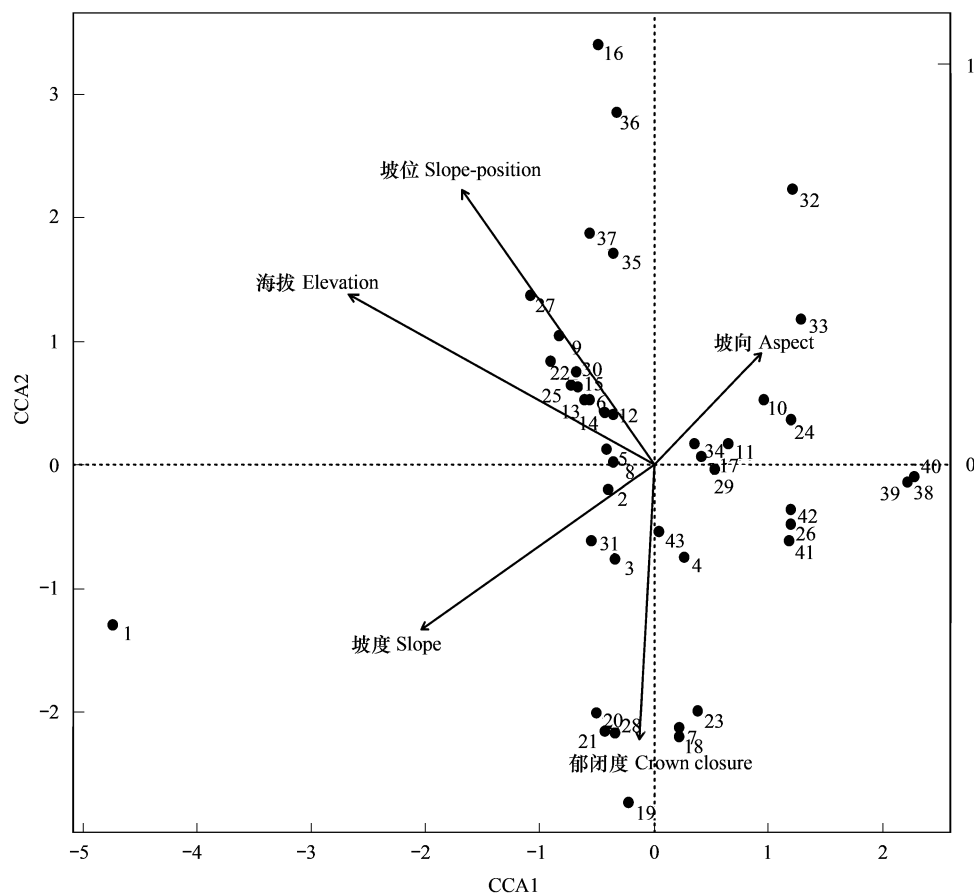


图4 43个样地的CCA二维排序图

Fig. 4 Two dimensional CCA ordination diagram of 43 plots

从整个排序图上分析,图的右边为海拔稍高区域,左边为海拔较低区域。图的下部是郁闭度较小、坡位较低区域,林内光照弱;上部为郁闭度较大、坡位较高区域,林内光照强。由此可以得出,海拔高度对西湖山区的群落物种多样性的影响最大,其次是郁闭度和坡位。

3.4 β 多样性

为了确定水平距离梯度与 β 多样性之间的关系,用 Sorensen 指数来测量两个群落随距离变化的物种共有度(相似性,图5)。

在所调查的43个样地中,随着样地间水平距离的增大,群落的相似性平均指数有逐渐变小的趋势,当两个样地距离在0~0.25km范围内,两个群落的相似性指数最高达45%;当距离超过0.25km时,两个群落间的相似性指数明显减少;这样的下将一直持续到8.5km,8.5km后两个样地的物种共有度只有1%~33%;在9km的范围内,样地间的 Sorensen 指数平均每1000m指数就下降0.035。

距离在2.5~3km时,多样性指数突然的急剧反弹,在这段距离范围内,南高峰、虎跑、龙井、花圃等样地都位于山坡的中部或中下部,郁闭度在80%以上,群落的生境比较相似,群落的物种以落叶阔叶树种为主。九溪(干扰)、梅家坞、云栖的第4个样地以常绿阔叶树种为主,常绿阔叶树种基本为苦槠、青冈、木荷等。当

表1 生境因子与43样地排序轴间的 Pearson 相关系数

Table 1 Correlation coefficients between axis 1 and 2 of 43 plots and the habitat factors

生境因子 Habitat factors	排序轴 Axis	
	Axis 1	Axis 2
海拔 Elevation	-0.669 **	0.329 *
坡向 Aspect	0.190	0.138
坡位 Slope-position	-0.399 **	0.520 **
坡度 Slope	-0.512 **	-0.293
郁闭度 Crown closure	-0.076	-0.544 **

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

距离范围在 5.75 ~ 6.25 km 范围时,多样性指数从减少到上升,原因是其中九溪(干扰)、灵峰、植物园、老和山、北高峰、乌龟潭等样地生境也比较相似,土壤都呈酸性,而且土层较厚,都有相等程度的人为干扰,群落的物种组成都是以落叶阔叶树种为主。而这个距离段五云山和玉皇山样地的土壤是石灰岩,土层较薄,以落叶阔叶和常绿阔叶树种为主。距离范围在 7.25 ~ 7.75 km 范围时,指数又急剧的上升,云栖的第 4 个样地、植物园、外大桥 3 个样地以常绿阔叶和落叶阔叶树种为主,物种组成有较大的相似性。另外,桃源岭和五云山样地物种组成以针叶和阔叶树种为主,也有较高的相似性。这 3 段距离范围内指数的上升跟样地的生境相似及由其控制的群落类型和物种组成相似有着很大的关系。

总体而言,各个样地所处的群落类型、地理位置和生境因子决定物种的分布和多样性。此外,人为干扰也起到了一定的作用。

4 讨论

西湖山区以常绿阔叶林分布面积最大,也有不少落叶阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、针阔叶混交林、针叶林等,使其植物群落分布呈现出镶嵌特点。西湖山区的常绿阔叶树种主要是壳斗科、樟科和山茶科的植物,如米槠、苦槠、青冈、石栎、樟、浙江楠、紫楠、木荷等。它们有的单独成林,有的与其他树种共同构成常绿阔叶林,这符合次生性亚热带常绿阔叶林优势种多的特点。运用 TWINSpan 和 DCA 分析法对所调查的 43 个样地进行分类,大体上有 3 个格局:(1)西湖山区主要以阔叶林为主,常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林和落叶阔叶林是最主要的 3 种类型,北高峰、南高峰、玉皇山和五云山都有相当面积的阔叶林分布,其中以常绿落叶阔叶混交林的物种组成最为丰富。(2)针叶林和针阔叶混交林在西湖山区也有不少面积的分布,这两种群落类型物种多样性较低^[27]。老和山、北高峰和灵隐等地的植被类型基本以针叶林、针阔叶混交林为主。(3)单优的群落物种多样性较低,比如秃瓣杜英林和毛竹林,乔木层基本上没有其他共优种或者伴生种,林下的灌草层物种多样性相当低,单优林主要分布在云栖和玉皇山等地。

根据 CCA 排序分析结果可以看出,生境因子对西湖山区森林群落的分布具有较大的影响,其中海拔、坡位、郁闭度作为影响群落分布的主要生境因子,它们共同影响着每个样地的水分、温度、养分、光照的再分配。第一排序轴的排序分布差异要大于第二排序轴,海拔对植物群落分布的影响比坡位和郁闭度大,说明海拔是影响西湖山区植物群落分布的最主要的生境因子,坡位和郁闭度对植物群落分布也有较大的影响,坡度、坡向等生境因子对群落分布也都有一定的影响。CCA 排序不仅反应群落间在生境上的相似性,而且反应群落间在物种组成上的相似性,而这两种相似性往往相互联系。一般来讲,群落结构和种类组成相近的植物群落,其生境条件也较接近。

Duivenoorden^[28]作了关于水平距离的范围的其他因素与 β 多样性指数的关系分析,随着距离范围的增大,强调距离和环境等因素对群落物种扩散分布的重要性,同时,空间变化、气候、历史的因素也要考虑在内,比如每个样地的形成时间。西湖山区森林群落的年龄基本相近,均为五六十年,其物种相似度在距离较小的样地之间较高,即当样地间的距离逐渐增大时,相似性指数减少,但减少不是连续性的,中间有波动。群落相似性随距离变化的原因大致有两个,第一是物种的扩散,所有物种的扩散有一定的范围,随着水平距离的增大,群落的共有物种的数量肯定会逐渐下降^[29~31]。但不是急剧的下降,因为一些广布物种的存在,使得相似性指数保持在一定的水平,尤其在西湖山区这样面积并不是很大的地区。第二是群落生境不同造成群落类型

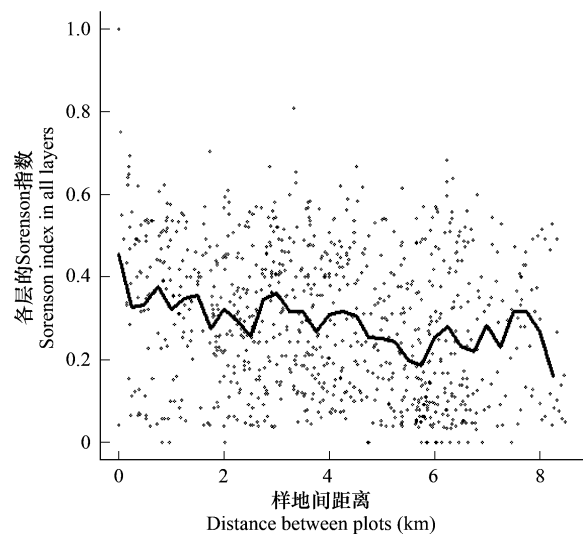


图5 43个样地之间的 Sorensen 相似性指数

Fig. 5 Sorensen similarity index among 43 plots

曲线表示每隔 250 米各个指数的平均值的连线 The solid line is average value of 250m interval of indices

的差别,使得群落共有物种的减少。但总体趋势中相似性系数的向上波动,也是因为相关生境条件和群落类型相似造成的,这在结果一栏已有分析。

近年来,由于环境保护体制的完善,使得西湖风景名胜区生态保护工作进入了一个新阶段。但是,近年来因西湖风景区旅游业的发展,建筑物、公路和漫山遍野的人行道建设,游客量的增长,西湖山区的森林植被遭到了一定程度的破坏。建议在减少这些人为干扰和破坏的同时,对一些植被保留比较完整的地方加强保护。保护好西湖名胜风景区的植被,有利于维持风景区内生态系统的稳定,促进景区的可持续发展,为支撑杭州市的环境保护和旅游的发展提供保证。本文的工作旨为相关政策出台和规划制定提供科学依据,具有较大的理论和实践意义。

References:

- [1] Jiang Y X. The task and development problems of forest ecology. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13 (3): 347—348.
- [2] Ma K P, Huang J H, Yu S L, *et al.* Plant community diversity in Dongling Mountain, Beijing, China II. Species richness, evenness and species diversities. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, 15: 268—277.
- [3] Wang B S. *Plant ecology*. Beijing: Higher Education Press, 1987. 44—45.
- [4] Brain M V. Species frequencies in random sample from animal population. *The Journal of Animal Ecology*, 1953, 22(1): 57—64.
- [5] Margalef R. *Information theory in ecology. General System*, 1957, 3: 37—71.
- [6] Hill M O, TWINSpan-A FORTRAN Program for Arranging Multivariate Data in an Ordered Two-way Table by Classification of the Individuals and Attributes. Ithaca, N. Y.: Cornell University. 1979.
- [7] Hill M O, Smilauer P. TWINSpan for Windows version 2.3. Center for Ecology and Hydrology and University of South Bohemia, Hunting and Ceske Budejovice, 2005.
- [8] Kang Y X, Kang B W, Yue J W, *et al.* The classification of *Quercus liaotungensis* communities and their niche in Loess Plateau of North Shanxi. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(10): 4096—4105.
- [9] Liu H J, Guo K. Classification and ordination analysis of plant communities in Inter-dune lowland in Hunshandak Sandy Lank. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(10): 2163—2169.
- [10] Peng S L, Wang B S. Analysis on forest community of DingHu shan I: Species diversity. *Ecology Science*, 1983, 1: 11—17.
- [11] Ma K P, Liu C R, Yu S L, *et al.* Estimating methods of biology diversity II. methods of β diversity. *Chinese Diversity*, 1995, 3(1): 38—43.
- [12] Hanna T, Kalle R. Analyzing or explaining beta diversity? Understanding the targets of different method of analysis, 2006, 87(11): 2697—2708.
- [13] Ma K M, Ye W H, S W G, *et al.* Study on the plant community diversity in Dong Ling mountain. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(6): 627—634.
- [14] Hao Z Q, Yu D Y, Wu G, *et al.* Analysis on the Beta diversity of plant communities on northern slop Changbai Mountain. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(12): 2018—2022.
- [15] Chen G B, Su Z R. Study on the species diversity of ever-green broad-leave forest in Babao Mountain in Guangdong. *Journal of South China Agriculture University*, 1995, 16(4): 32—36.
- [16] Chang X L, Wu J G. Species diversity during desertification on Kerqin Sand Land. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1997, 8(2): 151—256.
- [17] Zhu J M, Zh Q R, Jiang W, *et al.* Species diversity in the forest community of Wanlin Nature Reserve, Fujian, Province. *Chinese Journal of Ecology*, 1997, 16(2): 1—6.
- [18] Zang R G, Liu T. Type classification, tree species diversity and niche analysis for the first cutting Korean pine-broadleaved forest in the Baoshishan forest area of Jilin Province. *Journal of Beijing Forest University*, 1997, 19(1): 51—57.
- [19] Gao X M, Huang J H, Wan S Q, *et al.* Ecological study on the plant community succession the abandon cropland in Changbaishan, Qinling Mountains. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(6): 619—625.
- [20] Li X R, Zhang J G, Liu L C, *et al.* Plant diversity in the process of succession of artificial vegetation and environment in an arid desert region of China. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000, 24(3): 257—261.
- [21] Wen Y G. A study on the species diversity of vegetation in different environment gradient in Daming Mountain. *Journal of Guangxi Agriculture University*, 1998, 17(2): 131—137.
- [22] Yang L M, Han M, L J D. Plant diversity change in grassland community a grazing disturbance gradient in the Northeast China Transect. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, 25(1): 110—114.
- [23] Li Z J, Liu C T, Yang Z W, *et al.* Study on the species diversity of the closed stable forest and the disturbed forest of *Castanopsis eyrei* in Wuyishan

National Reserve. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000, 24(1): 64—68.

- [24] Liu H M, Xu Z F, Chen A G. An assessment of impact of land use on plant biodiversity in Xishuangbanna Southwest China. *Acta Phytocologica Sinica*, 1998, 22(6): 518—522.
- [25] Cai R H, He S Q. Vegetation types and distribution mountains areas of The West Lake in Hangzhou. *Journal of Hangzhou University*. (Nature Science Edition), 1980, 7(4): 100.
- [26] Liu J Y, He S Q. Soils and its distribution in west Hangzhou. *Journal of Hangzhou University*(Nature Science Edition), 1978, (1): 86—104.
- [27] Zhang Y, Shen J H, Yu M J, *et al.* Forest community species diversity and influence of human disturbance in Mountainous Area of West Lake in Hangzhou, East China. *Journal of Zhejiang University: Science Edition*, 2008, 35(5): 567—575.
- [28] Duivenvoorden J F, Svenning J C, Wright S J, *et al.* Beta-diversity in tropical forests. *Science*, 2002, 295: 636—637.
- [29] Pitman N C A, Terborgh J W, Silman M R, *et al.* Dominance and distribution of tree species in upper Amazonian terra firme forest. *Ecology*, 2001, 82(8): 2101—2117.
- [30] Nekola J C, White P S. The distance decay of similarity in biogeography and ecology. *Journal of Biogeography*, 1999, 26(4): 867—878.
- [31] Nagylaki T. Dynamic of density-and frequency dependent selection. *Proceedings of the National Academy of Science*, 1979, 76(1): 438—441.

参考文献:

- [1] 蒋有绪. 森林生态学的任务及面临的发展问题. *应用生态学报*, 2002, 13(3): 347~348.
- [2] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 II. 丰富度, 均匀度和物种多样性指数. *生态学报*, 1995, 15(3): 268~277.
- [3] 王伯荪主编. 植物生态学. 北京: 高等教育出版社, 1987, 44~45.
- [8] 康永祥, 康博文, 岳军伟, 等. 陕北黄土高原辽东栎群落类型划分及其生态位特征. *生态学报*, 2007, 27(10): 4096~4105.
- [9] 刘海江, 郭柯. 浑善达克沙地丘间低地植物群落分类与排序. *生态学报*, 2003, 23(10): 2163~2169
- [10] 彭少麟, 王伯荪. 鼎湖山森林群落分析 I. 物种多样性. *生态科学*, 1983, 1: 11~17.
- [11] 马克平, 刘灿然, 于顺利, 等. 生物多样性测度方法 II. β 多样性的测度方法. *生物多样性*, 1995, 3(1): 38~43.
- [13] 马克明, 叶万辉, 桑为国, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性研究. *生态学报*, 1997, 17(6): 627~634.
- [14] 郝占庆, 于德永, 吴钢, 等. 长白山北坡植物群落 β 多样性的分析. *生态学报*, 2001, 21(12): 2018~2022.
- [15] 陈北光, 苏志尧. 广东八宝山常绿阔叶林物种多样性分析. *华南农业大学学报*, 1995, 6(4): 32~36.
- [16] 常学礼, 邬建国. 科尔沁沙地沙漠化过程中的物种多样性. *应用生态学报*, 1997, 8(2): 151~156.
- [17] 朱锦魁, 郑群瑞, 蒋伟, 等. 福建万木林自然保护区森林群落物种多样性. *生态学杂志*, 1997, 6(2): 1~6.
- [18] 臧润国, 刘涛. 吉林白石山林区过伐林的类型, 乔木树种多样性及生态位分析. *北京林业大学学报*, 1997, 19(1): 51~57.
- [19] 高贤明, 黄建辉, 万师强, 等. 秦岭太白山弃耕地植物群落演替的生态学研究. *生态学报*, 1997, 17(6): 619~625.
- [20] 李新荣, 张景光, 刘利超, 等. 我国干旱沙漠地区人工植被与环境演变过程中植物多样性的研究. *植物生态学报*, 2000, 24(3): 257~261.
- [21] 温远光. 大明山不同环境梯度植被的物种多样性研究. *广西农业大学学报*, 1998, 17(2): 131~137.
- [22] 杨利民, 韩梅, 李建东. 中国东北样带草地群落放牧干扰植物多样性的变化. *植物生态学报*, 2001, 25(1): 110~114.
- [23] 李振基, 刘初钊, 杨志伟, 等. 武夷山自然保护区郁闭稳定甜槠林与人为干扰甜槠林物种多样性比较. *植物生态学报*, 2000, 24(1): 64~68.
- [24] 刘宏茂, 许再富, 陈爱国. 西双版纳土地的不同管理方式地植物多样性的影响评价探讨. *植物生态学报*, 1998, 22(6): 518~522.
- [25] 蔡壬侯, 何绍箕. 杭州西湖山区的植被类型及其分布. *杭州大学学报(自然科学版)*, 1980, 7(4): 100.
- [26] 刘经雨, 何绍箕. 杭州西郊的土壤及其分布规律. *杭州大学学报(自然科学版)*, 1978, (1): 86~104.
- [27] 张洋, 慎佳泓, 于明坚, 等. 西湖风景名胜区森林群落物种多样性及人为干扰的影响. *浙江大学学报(理学版)*, 2008, 35(5): 567~574.