

杭州城市公园绿地植物多样性研究

蒋雪丽¹, 王小德², 崔青云¹, 盛彩金³

(1. 浙江农林大学 园林学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江农林大学 艺术设计学院, 浙江 临安 311300;
3. 浙江省临安市高虹镇人民政府, 浙江 临安 311307)

摘要: 采用典型样地法, 对浙江省杭州市城市公园绿地植物群落的种类组成、群落结构、物种多样性指数等进行调查统计和分析。结果表明: 杭州城市公园绿地植物丰富, 共记录绿化植物 44 科 79 属 120 种, 地被灌木层的物种丰富度指数(S), Shannon-Wiener 指数(H')和 Simpson 多样性指数(D)最大, 其次分别是乔木层、小乔木及灌木层、草本层; Pielou 均匀度指数(J)和 Alatalo 均匀度指数(E_a)以乔木层的最大。与自然群落相比, 乔木层较丰富, 草本层种类偏少, 灌木层缺少更新苗。群落类型主要分 3 种: 类型 I 为乔木-草本(小乔木及灌木-草本), 类型 II 为乔木-地被灌木-草本(乔木-小乔木及灌木-草本), 类型 III 为乔木-小乔木灌木-地被灌木-草本, 物种丰富度指数(S), Shannon-Wiener 指数(H'), Pielou 均匀度指数(J)和 Alatalo 均匀度指数(E_a)均为类型 III > 类型 II > 类型 I; Simpson 多样性指数(D)类型 III > 类型 I > 类型 II。类型 III 更接近自然群落, 类型 I 较差。表 3 参 20

关键词: 园林学; 植物群落; 物种多样性; 公园; 杭州

中图分类号: S718.3; Q948.1 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2011)03-0416-06

Plant community diversity of the city parks of Hangzhou

JIANG Xue-li¹, WANG Xiao-de², CUI Qing-yun¹, SHENG Cai-jin³

(1. School of Landscape Architecture, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. School of Art Design, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 3. People's Government of Gaohong Town, Lin'an 311307, Zhejiang, China)

Abstract: By typical sampling method, the species composition, the community structure and the species diversity index of plant community in the city parks of Hangzhou were analyzed and compared. The results showed that there were abundant plants species and recorded 44 families, 79 genera and 120 species in the city parks of Hangzhou. In terms of species richness(S), Shannon-Wiener diversity (H') and Simpson diversity index (D), ground shrub layer was the highest, followed by the arbor layer, small-arbor and shrub layer, the herb layer; in terms of the Pielou evenness index (J) and Alatalo evenness index (E_a), arbor layer was the highest. Compared with the natural community, arbor layer had comparatively rich species, herb layer had fewer species and shrub layer had very few regeneration seedlings. There were three types of community structure. Type I was arbor-herb (small arbor and shrub-herb); type II was arbor-shrub-herb (arbor-small arbor and shrub -herb); type III was arbor-small arbor and shrub -shrub-herb. In terms of species richness (S), Shannon-Wiener (H'), Pielou (J) and Alatalo (E_a) index, III > II > I; in terms of Simpson (D) index, III > I > II. Type III was more identical to the natural community; while type I had little identity to the natural community. [Ch, 3 tab. 20 ref.]

Key words: landscape architecture; plant community; species diversity; park; Hangzhou

植物是一切生物赖以生存的基础, 是生物多样性保护的先决条件^[1]。城市植物多样性是改善城市生

收稿日期: 2010-09-14; 修回日期: 2010-11-24

作者简介: 蒋雪丽, 从事园林植物应用与效益研究。E-mail: iwantshownp@163.com. 通信作者: 王小德, 教授, 博士, 从事园林植物引种与应用、植物造景和生态园林等研究。E-mail: wxd65@zafu.edu.cn

态环境,丰富城市景观,凸现地域特色,促进区域社会、经济、环境可持续发展的重要基础。群落在组成和结构上表现出的多样性是认识群落的组织水平,甚至功能状态的基础,也是生物多样性研究中至关重要的方面^[2-4]。群落物种多样性(往往指植物种的多样性)作为生态系统多样性最直接和最易于观察研究的一个层次,一直受到重视^[5]。国外许多城市以及国内多个城市已开展相关研究^[6-9],杭州市在住宅区和西湖山区等方面植物多样性已有研究^[10-11]。杭州城市绿化处于国内领先水平。本研究旨在研究杭州城市公园绿地植物多样性,掌握群落结构和物种多样性水平,分析各群落类型的优劣,总结出生长良好且观赏性佳的植物种类。通过对不同样地群落物种多样性指数的量化和对比,为植物群落构建提供理论指导,促使植物群落结构持续稳定,同时在植物群落构建时搭配观赏性好的植物种类,加强植物群落景观效果,以满足园林城市的建设及人们对城市园林植物景观日益增长的审美需求,也为同一气候带其他城市的群落物种多样性建设提供科学的参考依据。

1 调查研究方法

1.1 调查地概况

杭州市地处东南沿海的长江三角洲南翼,杭州湾西端,钱塘江下游,29°11'~30°34'N,118°20'~120°37'E。属亚热带季风性气候,年平均气温为16.2℃,年平均相对湿度69.6%,年平均降水量1139mm。杭州从20世纪50年代初就重视植物造景,并形成以西湖为中心,各公园绿地为重点的园林绿化建设布局。在园林建设中有意识地强化植物造景,体现了自然美与人工美的融糅。如今,经过数十年的发展,大多形成特色鲜明、结构稳定、具有丰富变化、能满足相应功能的植物景观,得到了社会的普遍认可。西湖风景区的公园绿地面积为598.16hm²,其中公园为548.73hm²,开敞型绿地49.43hm²^[12]。

本次调查范围包括杭州市西湖区、上城区、下城区、拱墅区等区的18个公园58个样点(以下括号中数字为样点数),即六公园(4),一公园(1),涌金公园(1),钱王祠(2),柳浪闻莺(4),罗马广场(1),长桥公园(2),花港(观鱼)公园(7),孤山公园(3),曲院风荷(4),杭州花圃(7),太子湾公园(5),墅园(3),朝晖公园(3),横河公园(4),采荷公园(3),艮山运河公园(3),濮家运河公园(1)。

1.2 调查方法

于2009年12月-2010年5月,采用典型样地法,在全面调查的基础上,根据不同群落特征,选择有代表性的公园绿地,并在其内优选出形成时间较长、生态系统相对稳定的人工植物群落作为研究对象。共设置58个样地,样地大小为400m²,对乔木、小乔木及灌木进行每木检测,实测树木种类、数量、高度、胸径(地径)、冠幅,记录地被灌木、草本的种类、高度、盖度(野生杂草不计)。

1.3 多样性计算方法

物种多样性统一应用各个物种在该层(乔、灌、草)中的重要值来计算^[8],计算公式为:乔木、小乔木的重要值=(相对密度+相对优势度+相对高度)/3。地被灌木、草本植物重要值=(相对高度+相对盖度)/2。物种多样性指数采用目前应用较为普遍的物种丰富度指数(S),Shannon-Wiener指数(H'),Simpson多样性指数(D),Pielou均匀度指数(J)和Alatalo均匀度指数(E_a)^[2-4,14-18]进行计算。

2 结果与分析

2.1 杭州城市公园绿地植物群落分析

2.1.1 群落物种组成分析 据统计,在58个样地中,有木本植物104种(常绿植物60种,落叶植物44种),草本及藤本16种,共120种,隶属43科82属。包括裸子植物门5科8属10种,被子植物中,双子叶植物32科59属93种,单子叶植物6科15属17种。其中蔷薇科Rosaceae(12属22种),木兰科Magnoliaceae(4属8种),百合科Liliaceae(6属7种),木犀科Oleaceae(4属6种),山茶科Theaceae(2属5种),其他都在5种以下;居于前3位的属是李属Prunus(5种),山茶属Camellia(4种),木兰属Magnolia(4种);个体数量最多的是桂花Osmanthus fragrans(304株)。调查的群落按乔灌草结构分3种类型:类型I为乔木-草本(小乔木及灌木-草本)2层结构有8个群落,共有13种植物,其重要值较大的种有草坪(包括高羊茅Festuca elata,狗牙根Cynodon dactylon,结缕草Zoysia japonica,这里归为一类统一计算)(3.59%),樱花Prunus yedoensis(1.89%),阔叶麦冬Liriope palatiphylla(1.50%),枫杨Pterocarya

stenoptera(1.23%), 占总数的 48.31%, 其他均在 1.00% 及以下。类型 II 为乔木-地被灌木-草本(乔木-小乔木及灌木-草本)3 层结构有 25 个群落, 共有 78 种植物, 其重要值较大的种有桂花(7.55%), 草坪(5.55%), 沿阶草 *Ophiopogon bodinieri*(5.46%), 鸡爪槭 *Acer palmatum*(4.23%), 樟树 *Cinnamomum camphora*(3.32%), 广玉兰 *Magnolia grandiflora*(3.11%), 白玉兰 *Magnolia denudata*(3.05%), 麦冬 *Ophiopogon japonicus*(2.79%), 山茶 *Camellia japonica*(2.62%), 杜鹃 *Rhododendron simsii*(2.54%), 水杉 *Metasequoia glyptostroboides*(2.39%), 占总数的 51.35%, 其他均在 2.00 以下。类型 III: 乔木-小乔木灌木-地被灌木-草本 4 层结构有 25 个群落, 共有 102 种植物, 其重要值较大的种有桂花(13.90%), 麦冬(8.09%), 沿阶草(5.01%), 草坪(3.40%), 海桐 *Pittosporum tobira*(3.37%), 广玉兰(2.92%), 无患子 *Sapindus saponaria*(2.91%), 樟树(2.83%), 垂丝海棠 *Malus halliana*(2.58%), 占总数的 54.65%, 其他均在 2.00% 以下。

2.1.2 植物重要值分析 本研究按植物的高度在样方群落所处的层次, 结合植物生长型进行综合考虑划分。将群落分为乔木层、小乔木及灌木层、地被灌木层和草本层 4 个层次^[10]: ①乔木 34 种。重要值统计表明: 重要值最高的是樟树, 其次是广玉兰, 然后依次是白玉兰, 樱花, 垂柳 *Salix babylonica*, 水杉, 无患子, 雪松 *Cedrus deodara*, 枫杨, 悬铃木 *Platanus orientalis*, 女贞 *Ligustrum lucidum*, 乐昌含笑 *Michelia chapensis*, 其他 22 种植物均在 2.00% 以下, 总计 12.81%, 占总数的 23.30%(表 1)。②小乔木及灌木 25 种。重要值最高的是桂花, 其次为鸡爪槭, 然后依次是垂丝海棠^[19], 红枫 *Acer palma*, 梅花 *Armeniaca mume*, 其他紫叶李 *Prunus cerasifera* 等 20 种都在 2.00% 以下, 总计 8.88%, 占总数的 19.30%(表 1)。③地被灌木及绿篱 53 种。重要值最高的为杜鹃, 其次是海桐, 山茶, 八角金盘 *Fatsia japonica*, 红花檵木 *Loropetalum chinense*, 南天竹 *Nandina domestica*, 其他 47 种植物均在 2.00% 以下, 总计 26.96%, 占总数的 59.91%(表 1)。④草本及藤本共计 16 种。重要值最高的是草坪, 沿阶草, 麦冬, 吉祥草 *Reineckea carnea*, 阔叶麦冬^[19], 其他 11 种植物均在 2.00% 以下, 总计 6.41%, 占总数的 13.08%(表 1)。

表 1 各层主要植物重要值

Table 1 Important values of dominant species of each layer

| 乔木层 | | 小乔木及灌木层 | | 地被灌木及绿篱植物 | | 草本及藤本 | |
|------|-------|---------|-------|-----------|-------|-------|-------|
| 物种 | 重要值/% | 物种 | 重要值/% | 物种 | 重要值/% | 物种 | 重要值/% |
| 樟树 | 6.16 | 桂花 | 22.45 | 杜鹃 | 4.6 | 草坪 | 12.30 |
| 广玉兰 | 6.04 | 鸡爪槭 | 5.96 | 海桐 | 3.73 | 沿阶草 | 11.47 |
| 白玉兰 | 4.03 | 垂丝海棠 | 3.91 | 山茶 | 2.80 | 麦冬 | 10.88 |
| 樱花 | 3.50 | 红枫 | 2.74 | 八角金盘 | 2.41 | 吉祥草 | 4.69 |
| 垂柳 | 3.41 | 梅花 | 2.05 | 红花檵木 | 2.41 | 阔叶麦冬 | 3.24 |
| 水杉 | 3.39 | 其他 | 8.88 | 南天竹 | 2.15 | 其他 | 6.41 |
| 无患子 | 3.09 | | | 其他 | 26.96 | | |
| 雪松 | 2.97 | | | | | | |
| 枫杨 | 2.77 | | | | | | |
| 悬铃木 | 2.50 | | | | | | |
| 女贞 | 2.19 | | | | | | |
| 乐昌含笑 | 2.15 | | | | | | |
| 其他 | 12.81 | | | | | | |

2.2 植物多样性特征分析

2.2.1 群落多样性特征总体分析 根据杭州市公园绿地样地群落调查数据, 计算出群落各层的物种丰富度和多样性指数(表 2)。结果表明: 群落地被灌木层的物种丰富度指数(S)最高为 3.293, 其次是乔木层、小乔木及灌木层, 草本层最低, 平均值为 2.401, 乔木层和草本层间过渡植物丰富, 形成较合理的群落结构, 体现了杭州成熟的植物配置手法。Shannon-Wiener 指数(H')也是地被灌木层>乔木层>小乔

木及灌木层 > 草本层，乔木层的合理配置可为下层植物提供充足的阳光和生长条件，有利于灌木层和草本层植物的生长。乔木层和灌木层明显大于草本层，是因为本研究选取的公园绿地均相对固定，各层植物较稳定，不随季节变化和节日需要更换，且有 8 个样地草本层都是单一物种，由此草本层多样性指数较低。Simpson 多样性指数 (D) 为地被灌木层 > 乔木层 > 小乔木及灌木层 > 草本层，这说明在杭州绿地中随机取 2 种地被灌木属于不同种的频率较高。

Pielou 均匀度指数 (J) 都在 1.000 以下，乔木层 > 小乔木及灌木层 > 草本层 > 地被灌木层，该指数越大说明分布越均匀，该指数还受物种丰富度的影响，与 Shannon-Wiener 指数 (H') 不一致。Alatalo 均匀度指数 (E_a) 为乔木层 > 地被灌木层 > 小乔木及灌木层 > 草本层，不受物种丰富度影响，与 Pielou 均匀度指数 (J) 稍有区别。

2.2.2 不同群落类型物种多样性比较 将 3 种群落类型的物种多样性进行比较分析，乔木层的物种丰富度指数 (S)，及 Simpson 多样性指数 (D) 均为类型 III > 类型 II > 类型 I，其中物种丰富度指数 (S) 和 Shannon-Wiener 指数 (H') 的起伏较大，Pielou 均匀度指数 (J) 和 Alatalo 均匀度指数 (E_a) 为类型 II > 类型 III > 类型 I；小乔木及灌木层，物种丰富度指数 (S)，Shannon-Wiener 指数 (H')，Pielou 均匀度指数 (J) 和 Alatalo 均匀度指数 (E_a) 均为 III > 类型 II > 类型 I，Simpson 多样性指数 (D) 为类型 I > 类型 III > 类型 II；地被灌木层，将类型 II 和 III 进行比较，后者各项指数偏高，类型 III 物种丰富度指数 (S)，Shannon-Wiener 指数 (H')，Pielou 均匀度指数 (J) 和 Alatalo 均匀度指数 (E_a) 明显大于类型 II，Simpson 多样性指数 (D) 差异较小；草本层，各项指数变化一致均为类型 III > 类型 II > 类型 I (表 3)。类型 I 层次简单，植物种类较单一，如柳浪闻莺：水杉 + 二月兰 *Orychophragmus violaceus*，物种单一，相应的各项指数普遍偏低，但有着其独特的观赏特性，水杉秋可观叶，冬可观枝干，落叶后透光性好；春天二月兰景色较好，但开败后观赏性较差，直到秋天发芽才呈现一片绿色；类型 II 为 3 层结构，层次上比类型 I 更丰富，比类型 III 简洁，如花圃：广玉兰 + 柿树 *Diospyros kaki* + 黄山栎树 *Koelreuteria bipinnata* - 茶梅 *Camellia sasanqua* + 山茶 + 金边黄杨 *Euonymus japonicus* + 红花檵木 + 洒金东瀛珊瑚 *Aucuba japonica* + 铺地柏 *Juniperus procumbens* - 草坪，丰富而且集中的地被灌木和草坪便分离出了空间，加上高低错落的乔木，常绿树种广玉兰，观果落叶树种柿树，秋色叶树种黄山栎树，地被灌木亦是观花观叶并举；类型 III 为 4 层，如花港观鱼：广玉兰 + 樟树 + 无患子 - 桂花 + 垂丝海棠 + 紫叶李 + 含笑 *Michelia figo* + 蜡梅 *Chimonanthus praecox* - 贴梗海棠 *Japanese quince* + 茶梅 + 南天竹 + 杜鹃 + 黄杨 - 芍药 *Paeonia lactiflora* + 沿阶草 + 洋常春藤 *Hedera helix* + 吉祥草 + 麦冬 + 石蒜 *Lycoris radiata*，层次丰富，物种多样，形成较为自然的群落。

3 讨论与结论

本调查涉及植物隶属 44 科 79 属 120 种。重要值最大的木本植物是作为杭州市市花的桂花，其次是作为杭州市市树的樟树，市花市树的大量应用，体现了杭州市植物绿化的特色。杭州外来杂草种类多样^[20]，但杭州城市公园绿地养护管理到位，除草及时，调查样地中，很少出现自然侵入的草本植物，偶见有马唐 *Digitaria sanguinalis*，牛筋草 *Eleusine indica*，革命草 *Altermanthera philoxeroides*，天胡荽 *Hydrocotyle sibthorpioides* 和酢浆草 *Oxalis corniculata* 等。总体来说，杭州市公园绿地植物配置类型较丰富，观花观叶等植物应用较多，而果树无论是在种类和数量上都较少，可适当增加。

群落物种多样性各指数具有较好的一致性。地被灌木层的物种丰富度指数 (S)，Shannon-Wiener 指数 (H') 和 Simpson 多样性指数 (D) 最大，其次分别是乔木层、小乔木及灌木层、草本层；Pielou 均匀度指数 (J) 和 Alatalo 均匀度指数 (E_a) 以乔木层的最大。物种丰富度指数 (S)，Shannon-Wiener 指数 (H')，Pielou 均匀度指数 (J)，Alatalo 均匀度指数 (E_a) 大小均为类型 III > 类型 II > 类型 I；Simpson 多样性指数 (D) 类型 III > 类型 I > 类型 II。类型 III 更接近自然群落，类型 I 较差。

表 2 杭州公园绿地各层物种多样性指数比较

Table 2 Comparison of species diversity indices of each layer in parks of Hangzhou

| 层次 | S | H' | D | J | E_a |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 乔木层 | 2.845 | 0.696 | 0.437 | 0.600 | 0.593 |
| 小乔木及灌木层 | 1.776 | 0.378 | 0.426 | 0.357 | 0.360 |
| 地被灌木层 | 3.293 | 0.849 | 0.661 | 0.193 | 0.529 |
| 草本层 | 1.690 | 0.345 | 0.212 | 0.353 | 0.345 |
| 平均值 | 2.401 | 0.567 | 0.434 | 0.376 | 0.457 |

层次越丰富群落的物种丰富度指数(S)越高,各项指数也呈现较好的趋势,乔木-草本结构虽满足了景观上的需求,比较开阔,但草坪多数时间不对外开放,实用性较差,生态功能不如其他类型好。根据调查时游客反映,还是喜欢层次丰富的群落。

杭州市公园绿地植物群落与杭州市住宅区^[10]绿化植物群落的多样性指数呈现相似趋势,都为灌木层最大,草本层最小;与杭州西湖山区常绿阔叶林的多样性指数^[11]相比,亦呈现相似趋势,而与其落叶阔叶林相比,两者的指数都是灌木层最大,但公园草本层指数比乔木层小。相比自然群落,城市公园绿地的乔木层及灌木层较丰富,观赏性比自然群落好,但草本层种类偏少,层间缺少更新苗,不利于群落更替。乔木层和小乔木及灌木层物种丰富,地被灌木层植物多样,草本层相对稳定,群落结构合理。

杭州市公园绿地植物配置类型较丰富。在调查中发现,生长良好的观花植物有垂丝海棠,西府海棠 *Malus micromalus*, 日本晚樱 *Cerasus yedoensis*, 白玉兰, 碧桃 *Amygdalus persica*, 合欢 *Albizia julibrissin*, 山茶, 樱花, 豆梨 *Pyrus calleryana* 等; 观色叶树种有黄山栾树, 无患子, 悬铃木, 鹅掌楸 *Liriodendron chinense*, 枫香 *Liquidambar formosana*, 鸡爪槭, 红枫, 银杏 *Ginkgo biloba* 等; 观果植物有柿树, 美国山核桃 *Carya illinoensis*, 柚子 *Citrus maxima* 等。总体来说,杭州市观花观叶类植物应用较多,而观果树种无论是在种类和数量上都较少,可适当增加。

参考文献:

- [1] 雷一东, 唐先华. 城市植物多样性应用及其实现途径[J]. 城市问题, 2007 (3): 32 - 35.
LEI Yidong, TANG Xianhua. A study on the application of plant diversity and its realization in urban areas [J]. *Urban Prob*, 2007 (3): 32 - 35.
- [2] 马克平. 生物多样性的测度方法(I) α 多样性的测度方法[J]. 生物多样性, 1994, 2 (3): 162 - 168.
MA Keping. Measurement methods of biodiversity(I)measurement methods of α diversity [J]. *Biodiversity*, 1994, 2 (3): 162 - 168.
- [3] 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[J]. 生态学报, 1995, 15 (3): 268 - 277.
MA Keping, HUANG Jianhui, YU Shunli, et al. Plant community diversity in Dongling Mountain, Beijing, China (II)Species richness, evenness and species diversities [J]. *Acta Ecol Sin*, 1995, 15 (3): 268 - 277.
- [4] 史作民, 程瑞梅, 刘世荣, 等. 宝天曼植物群落物种多样性研究[J]. 林业科学, 2002, 38 (6): 17 - 23.
SHI Zuomin, CHENG Ruimei, LIU Shirong, et al. Study on species diversity of plant communities in Baotianman [J]. *Sci Silv Sin*, 2002, 38 (6): 17 - 23.
- [5] 贺金生, 陈伟烈, 江明喜, 等. 长江三峡地区退化生态系统植物群落物种多样性特征[J]. 生态学报, 1998, 18 (4): 399 - 407.
HE Jinsheng, CHEN Weilie, JIANG Mingxi, et al. Plant species diversity of the degraded ecosystems in the three gorges region [J]. *Acta Ecol Sin*, 1998, 18 (4): 399 - 407.
- [6] 易军. 城市园林植物群落生态结构研究与景观优化构建[D]. 南京: 南京林业大学, 2005.

表3 杭州公园绿地不同群落结构物种多样性指数

Table 3 Species diversity indices of different community structure in parks of Hangzhou

| 类型 | 层次 | S | H' | D | J | E _a |
|------|---------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| I | 乔木层 | 1.000 | 0.113 | 0.320 | 0.163 | 0.171 |
| | 小乔木及灌木层 | 0.250 | 0.000 | 0.750 | 0.000 | 0.000 |
| | 草本层 | 1.250 | 0.171 | 0.123 | 0.247 | 0.246 |
| | 平均值 | 0.833 | 0.095 | 0.398 | 0.137 | 0.139 |
| II | 乔木层 | 3.000 | 0.746 | 0.418 | 0.672 | 0.671 |
| | 小乔木及灌木层 | 1.200 | 0.173 | 0.309 | 0.201 | 0.216 |
| | 地被灌木层 | 2.600 | 0.619 | 0.551 | 0.148 | 0.422 |
| | 草本层 | 1.640 | 0.329 | 0.202 | 0.333 | 0.328 |
| | 平均值 | 2.110 | 0.467 | 0.370 | 0.339 | 0.409 |
| III | 乔木层 | 3.280 | 0.833 | 0.494 | 0.667 | 0.651 |
| | 小乔木及灌木层 | 2.840 | 0.704 | 0.439 | 0.626 | 0.620 |
| | 地被灌木层 | 5.040 | 1.351 | 0.662 | 0.300 | 0.807 |
| | 草本层 | 1.880 | 0.418 | 0.250 | 0.407 | 0.393 |
| | 平均值 | 3.260 | 0.826 | 0.461 | 0.500 | 0.618 |
| 总平均值 | | 2.156 | 0.489 | 0.411 | 0.338 | 0.406 |

- YI Jun. *Studies on Ecological Structure of Plant Communities in Urban Garden & Optimize and Design on Landscape* [D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2005.
- [7] 毛洪玉, 廖丽达. 沈阳市城市公园树种多样性研究[J]. 黑龙江农业科学, 2010 (4): 101 – 104.
MAO Hongyu, LIAO Lida. Study on species diversity of tree in park of Shenyang City [J]. *Heilongjiang Agric Sci*, 2010 (4): 101 – 104.
- [8] 王鹏飞, 栗燕, 杨秋生. 郑州市公园绿地木本植物物种多样性研究[J]. 中国园林, 2009, **25** (5): 84 – 87.
WANG Pengfei, LI Yan, YANG Qiusheng. Study on species diversity of woody plants in park of Zhengzhou City [J]. *J Chin Landscape Archit*, 2009, **25** (5): 84 – 87.
- [9] 洪志猛. 厦门城市公园植物群落的物种丰富度调查分析[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2009, **33** (2): 51 – 54.
HONG Zhimeng. Investigation on species abundances of plant communities at Xiamen City Parks [J]. *J Nanjing For Univ Nat Sci Ed*, 2009, **33** (2): 51 – 54.
- [10] 徐高福, 洪利兴, 柏明娥, 等. 杭州城市住宅区绿化植物的群落结构与多样性分析[J]. 林业调查规划, 2008 (2): 5 – 10.
XU Gaofu, HONG Lixing, BO Ming'e, *et al.* Analysis on community structure and diversity of the plants for greening urban residential areas in Hanzhou [J]. *For Inventory Plan*, 2008 (2): 5 – 10.
- [11] 邓志平. 杭州西湖山区不同植被类型植物多样性比较研究[J]. 中国生态农业学报, 2008, **16** (1): 25 – 29.
DENG Zhiping. Diversity index of different vegetation types in the West Lake hills of Hangzhou [J]. *Chin J Eco-Agric*, 2008, **16** (1): 25 – 29.
- [12] 杭州市西湖风景名胜区管理委员会. 杭州西湖风景名胜区总体规划 2000–2020 年[R]. 杭州: 杭州市园林设计院, 2002.
- [13] 岳永杰, 余新晓, 牛丽丽, 等. 北京雾灵山植物群落结构及物种多样性特征[J]. 北京林业大学学报, 2008, **30** (2): 165 – 169.
YUE Yongjie, YU Xinxiao, NIU Lili, *et al.* Structural characteristics of plant communities and species diversity in Wuling Mountain, Beijing [J]. *J Beijing For Univ*, 2008, **30** (2): 165 – 170.
- [14] MANGURRAN A E. *Ecological Diversity and Its Measurement Princeton* [M]. Princeton: Princeton University Press, 1988.
- [15] 谢晋阳, 陈灵芝. 暖温带落叶阔叶林的物种多样性特征[J]. 生态学报, 1994, **14** (4): 337 – 344.
XIE Jinyang, CHEN Lingzhi. Species diversity characteristics of deciduous forests in the warm temperate zone of north China [J]. *Acta Ecol Sin*, 1994, **14** (4): 337 – 344.
- [16] 郝占庆, 陶大立, 赵士洞. 长白山北坡阔叶红松林及其次生白桦林高等植物物种多样性比较[J]. 应用生态学报, 1994, **5** (1): 16 – 23.
HAO Zhanqing, TAO Dali, ZHAO Shidong. Diversity of higher plants in broad-leaved Korean pine and secondary birch forests on northern slope of Changbai Mountain [J]. *J Appl Ecol*, 1994, **5** (1): 16 – 23.
- [17] 姜萍, 叶吉, 王绍先, 等. 长白山南坡森林群落组成、结构以及树种多样性的垂直分布[J]. 北京林业大学学报, 2008, **30** (1): 258 – 262.
JIANG Ping, YE Ji, WANG Shaoxian, *et al.* Vertical distribution of floristic composition, community structure and biodiversity of forest communities along altitudinal gradients on south slope of the Changbai Mountain, northeastern China [J]. *J Beijing For Univ*, 2008, **30** (1): 258 – 262.
- [18] 朱宏光, 温远光, 梁宏温, 等. 广西桉树林取代马尾松林对植物多样性的影响[J]. 北京林业大学学报, 2009, **31** (6): 149 – 153.
ZHU Hongguang, WEN Yuanguang, LIANG Hongwen, *et al.* Effects of eucalypt plantation replacing masson pine forest on plant species diversity in Guangxi, southern China [J]. *J Beijing For Univ*, 2009, **31** (6): 149 – 153.
- [19] 裘宝林. 浙江植物志: 第 4 卷[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1993.
- [20] 陈小永, 王海燕, 丁炳扬, 等. 杭州外来杂草的种类组成与生境特点[J]. 植物研究, 2006, **26** (2): 243 – 249.
CHEN Xiaoyong, WANG Haiyan, DING Bingyang, *et al.* The species and habitat characteristics of exotic weeds in Hangzhou [J]. *Bull Bot Res*, 2006, **26** (2): 243 – 249.