

浙中城市森林主要群落分析及优化

毛佳园¹, 黄成林², 史久西¹, 徐珍珍³, 秦一心³

(1. 中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 安徽农业大学 林学与园林学院, 安徽 合肥 230036; 3. 内蒙古农业大学 林学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘要: 通过机械取样和典型抽样相结合的调查方法对浙中城市森林主要群落进行了分析及优化研究。以浙中淳安、富阳、诸暨、余姚、舟山等 5 个城市为研究区, 对城市森林树种应用状况及群落类型作了系统调研和梳理, 在群落评价选优的基础上, 分地区分类型获得了城市森林树种的重要值排序结果。结果表明: ①本次调查共获得植物 250 种, 分属于 85 科 170 属; 种类不算多, 但科属类型丰富, 说明浙中城市森林绿化对物种的利用还不够。②4 类型城市森林中植物种类数排序为城周背景林>城市公园片林>水岸林>道路林, 5 个城市植物种类数排序为淳安>舟山>余姚>富阳>诸暨。③从全域来看, 城周背景林与城市人工林组成树种有明显差别; 城周背景林各地差异较大, 与各地气候、地形等立地条件耦合较好; 人工林的地方差异相对较小, 同质化倾向较明显。④对比城市森林树种重要值和频数排序直方图, 发现重要值对于衡量树种应用状况及其在群落中的地位更为全面, 但频数研究简单易行, 可作为粗略分析手段。⑤根据重要值指标计算结果, 归纳群落量化组合模式并提炼出 4 种群落类型。图 1 表 4 参 33

关键词: 城市林业; 森林群落; 重要值; 排序; 量化组合模式

中图分类号: S731.2

文献标志码: A

文章编号: 2095-0756(2016)06-1000-09

Optimization of primary communities in urban forests of central Zhejiang

MAO Jiayuan¹, HUANG Chenglin², SHI Jiuxi¹, XU Zhenzhen³, QIN Yixin³

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, Zhejiang, China; 2. School of Forestry & Landscape Architecture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, Anhui, China; 3. College of Forestry, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, Inner Mongolia, China)

Abstract: Through the research of the important values of the tree species in the community, we can fully excavate the relationship information among the tree species, so as to optimize the structure of urban forests. The main community of urban forests in central Zhejiang was analyzed and then optimized by means of mechanical sampling and representative sampling. Each sample size is 10 m × 10 m. On this basis, application status of tree species and community types in these urban forests were systematically determined. Based on evaluation and selection of communities, results of urban forest tree species were sorted by importance values and divided by types and areas. Results showed that there were 250 species of plants belonging to 170 genera and 85 families. The number of genera and families were abundant, but species were not. The rank order of four urban forest types based on the number of plant species was urban background forest > urban park > waterfront forest > roadside forest with the five cities ranked Zhoushan > Yuyao > Fuyang > Zhujiaji > Chun'an. Considering tree species composition for all areas, great differences were found between urban background forests and urban plantations (urban park, waterfront forest and roadside forest). Urban background forests could be divided by regional differences and fit well with climatic and topographical conditions in the distributed region. Urban

收稿日期: 2015-11-12; 修回日期: 2016-01-30

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项(201404301)

作者简介: 毛佳园, 从事园林植物应用研究。E-mail: 1157820557@qq.com。通信作者: 史久西, 高级工程师, 博士, 从事城市林业研究。E-mail: shijiuxi@126.com

plantations had small differences among regions. Comparing the importance values of urban forest tree species and using a frequency ranking histogram and importance values to measure the status of tree species and their status in the community was found to be more comprehensive. Results indicated a limited utilization of urban forest greening species in central Zhejiang, but by using importance values and a quantitative combination mode, four community types for central Zhejiang were identified. [Ch, 1 fig. 4 tab. 33 ref.]

Key words: urban forests; forest community; importance values; ranking; quantitative combination mode

城市森林分类对于城市森林规划、建设、发展及经营管理都具有重要意义，但在国际上因国情、见解和用途不同而不尽相同，尚未形成公认统一的分类方法。国内学者王木林等^[1]、宋永昌^[2]、何兴元等^[3]对城市森林分类做过相关研究，也未达成一致标准，大体分为附属林类、道路林类、风景游憩林类、生态公益林类、生产经营林类等。目前分类主要通过位置、功能、服务范围、用地规划、经营管理方式或者几者结合进行，近年来更倾向与遥感技术结合来分类^[4-7]。植物群落作为特定时空下多种植物有规律的组合，具有一定的数量和结构特征^[8]。合理科学地构建城市森林群落，充分发挥其在特定环境下的景观效果、生态效益、美学价值是当下研究的一大热点。重要值作为物种的综合数量指标，表征物种在群落内的地位和作用，是运用最广泛的物种数量特征值，更侧重于物种在群落内的优势程度^[9]。因此，通过群落内树种重要值的研究可以充分挖掘群落内树种之间的关系信息，以达到优化城市森林群落结构，提升群落质量，提炼优良群落景观的目的。目前，关于城市森林的研究主要集中在结构与功能^[10-14]、树种组成^[15-16]、城市自然资源与生物多样性保护等方面^[17-20]，对城市森林优良群落所形成量化配置模式研究不多见。本研究通过重要值分析，寻找群落中的“主角”——基调树种，提取以重要值代替数量的基调群落及其他群落量化配比模式，最终提炼形成优良群落类型，为城市森林树种选择及特定环境要求下群落景观配置提供一种参考方案。

1 区域概况

研究区域(29°36′~30°10′N, 119°03′~122°03′E)位于浙江省中部，东西跨度约 400 km，地形有山地、丘陵、平原、滨海岛屿等 4 种类型，总体地势西高东低。气候属亚热带季风气候，温和湿润，四季分明，雨水充沛，光照较多，雨热变化同步。年平均气温为 15.0~18.0 ℃，极端最高气温 44.1 ℃，极端最低气温-17.4 ℃；≥10.0 ℃的活动积温≥5 200 ℃；年平均降水量为 980.0~2 000.0 mm；年平均日照时数为 1 710.0~2 100.0 h。典型植被为常绿阔叶林，群落类型多样，植物种类组成中以壳斗科 Fagaceae，樟科 Lauraceae，山茶科 Theaceae 和木兰科 Magnoliaceae 的常绿树种为主，生境偏湿的东部地区，樟科的润楠属 *Machilus* 和楠属 *Phoebe* 的种类明显增多。山地土壤以红壤为主，平原以水稻土为主，舟山局部为海滨盐土，城市区域人类干扰强烈，土壤类型复杂，侵入体较多。

2 研究方法

2.1 样地布设

为了对浙中城市森林群落进行横向比较，在 30°N，跨度约 400 km 的城市带上间隔 80 km 选择 1 个城市作为研究区域，共涉及杭州淳安县、杭州富阳区、绍兴诸暨市、宁波余姚市、舟山本岛和朱家尖岛 5 个县级市(区)。参考梁璇等^[21]、陈勇等^[22]对城市森林的划分，根据区位及森林性质将浙中城市森林分为城内人工林和城周背景林两大类，参考鄧光发^[23]、邱尔发等^[24]对城市森林的研究及 2012 年国家建设部颁布的《城市绿地分类标准》将城内人工林细分为公园片林、道路林和水岸林 3 个小类型。

城周背景林：各个城市选 2 处，布设样地 15 个·处⁻¹，在谷歌影像图上机械布样，样地大小 10 m × 10 m。城市公园片林：各个城市选 2 处，布设样地 15 个·处⁻¹，在谷歌影像图上机械布样，样地大小 10 m × 10 m。道路林与水岸林：在影像图上选取穿过建成区的主要道路，纵横各 1 条，间隔 500 m 机械取样；同时于与该条主道相交的每一横向路段分别抽取各 1 个样地。挑选具有代表性的河流 2 条，湖泊 1 个，沿河、沿湖周间隔 500 m 机械取样；同时抽取与该河湖相交的所有水系样地各 1 个。2 类城市森林样地大小均为 10 m × 10 m，样地数各 20 个。以上 4 类城市森林合计样地总数 350 个。

2.2 调查

此次研究采取机械取样和典型取样相结合的方法进行群落学调查^[25-26]。对机械取样地进行群落质量综合评价。评价选取优良群落作为典型样地进行调查,乔木树种记录种类,数量,高度(m),胸径(cm),枝下高(m)和冠幅(cm);灌木层和草本层记录种类、高度(m)及盖度(%)。同时记录样地概况,包括坡度、坡向、海拔、经纬度、环境特征(周界、下垫面等详列)。调查时间为2015年6-8月。

2.3 数据处理

2.3.1 群落质量综合评价计算 群落质量综合评价见表1,共包括9大指标,分别为生长势、健康度、持续性(群落寿命)、环境协调性、奇特性、多样性、可入性、珍贵度、垂直结构;并按好、较好、一般、较差、差,采用5分制。对群落质量评价指标进行现场打分、记录,并拍摄现场照片以便校核。为了便于评判,最终将群落综合评价值 Q 转化为百分制,以总分75分为限,以上为优良群落,以下为不良群落。采用多指标、等权重合成方法对现场记录数据进行群落质量综合评价, $Q = \sum_{i=1}^n X_i$ 。其中: Q 为群落质量综合评价分值, X_i 为第*i*个指标得分, n 为指标个数。

表1 群落质量综合评价表(5分制)

Table 1 Community quality comprehensive evaluation table (5 scores)

城市	类型	样地号	生长势	健康度	持续性	环境协调性	奇特性	多样性	可入性	珍贵度	垂直结构	得分合计(Q)	百分制值
富阳	城周背景林	样1	3	5	2	4	1	3	2	1	3	24	53
富阳	城周背景林	样2	5	4	4	3	4	3	2	4	5	34	76
富阳	城周背景林	样3	4	5	5	4	5	5	4	2	5	39	87

说明:由于篇幅关系,表中仅列出3条记录以作示例。

2.3.2 重要值计算 对调查获得的优良样地计算其重要值,重要值计算公式^[27]:林木重要值 $V_i = (\text{相对频度} + \text{相对密度} + \text{相对显著度})/3$ 。统计运算在VFP 9.0下编程实现。

3 结果与分析

3.1 树种重要值分析

3.1.1 浙中城市森林植物总体分布状况 本次调查共记录到植物250种,分属于85科170属(表2)。浙中城市森林植物种类不算多,但科属类型较为丰富。4类城市森林中植物种类数排序为城周背景林>城市公园片林>水岸林>道路林,道路林相对于其他城市森林类型来说植物种类最为单一。5个城市植物种类数排序为淳安>舟山>余姚>富阳>诸暨。其中淳安植物科属种数量最为丰富,达到58科101属128种;诸暨城市森林植物科属种数量最少,为44科70属82种。

表2 浙中城市森林植物科属种统计

Table 2 Plant family, genera and species of urban forest in central Zhejiang

项目	诸暨			舟山			余姚			富阳			淳安			合计		
	科	属	种	科	属	种	科	属	种	科	属	种	科	属	种	科	属	种
水岸林	30	33	38	16	20	23	25	35	40	22	32	33	22	38	43	39	59	66
城市公园片林	24	34	37	29	46	59	24	35	42	31	33	34	39	55	87	35	60	75
道路林	25	31	33	22	26	37	29	40	47	21	29	32	18	23	25	31	44	50
城周背景林	27	41	46	35	51	55	41	50	57	33	41	44	42	66	76	46	79	92
合计	44	70	82	51	79	101	53	80	97	45	70	85	58	101	128	85	170	250

3.1.2 浙中城市森林树种重要值分布特征 将调查城市分为东区(舟山),中区(富阳、诸暨、余姚),西区(淳安)三大区域,每区域分为城周背景林和城市人工林(道路林、水岸林、城市公园片林)两大类型,取乔木和亚乔木,进行重要值综合指标计算并排序(表3)。排名第1位的树种樟树 *Cinnamomum camphora* 重要值特别高,形成了浙中城市森林的基调,可划为基调树种;排名第2~10位的树种重要值较大,使用频率高,构成了城市森林的基本骨架,可划为骨干树种;11~30位的则是体现地域特色的主要

树种，可划为特色树种；31 位及以后的应用不普遍但具有待开发推广的潜力，将其划为潜力树种。从全域来看，城周背景林与城市人工林组成树种有明显差异。城周背景林以樟树，马尾松 *Pinus massoniana*，朴树 *Celtis sinensis*，榿木 *Loropetalum chinense*，白栎 *Quercus fabri*，女贞 *Ligustrum lucidum*，枫香 *Liquidambar formosana*，侧柏 *Platycladus orientalis*，红楠 *Machilus thunbergii* 等为主，城市人工林则以樟树，木麻黄 *Casuarina equisetifolia*，杜英 *Elaeocarpus decipiens*，水杉 *Metasequoia glyptostroboides*，桂花 *Osmanthus fragrans*，红楠，银杏 *Ginkgo biloba*，悬铃木 *Platanus × acerifolia*，垂柳 *Salix babylonica* 等为主。樟树作为基调树种地位非常突出，重要值占比为 21.51%，且城市人工林中重要值占比显著大于城周背景林(重要值占比分别为 30.22%，15.25%)。从各分区情况来看，樟树在东区、中区、西区 3 个区域中重要值占比分别为 14.77%，24.07%和 17.54%，中区>西区>东区。4 城市森林类型中，中区树种均以樟树为基调，城周背景林落叶成分较多，如朴树，马尾松，构树 *Broussonetia papyrifera*，枫香，糙叶树 *Aphananthe aspera* 等树种，人工林以桂花、垂柳、杜英和木兰科等树种为主，表现一定的耐水湿特征。西区域周背景林以马尾松为基调，常绿成分较多，如樟树，榿木，女贞，铃木

表 3 浙中城市森林主要树种重要值排序

Table 3 Important value ranking of urban forest main tree species in central Zhejiang

序号	浙江城市森林主要树种重要值/%							
	东区		中区		西区		全域	
	城市人工林	城周背景林	城市人工林	城周背景林	城市人工林	城周背景林	城市人工林	城周背景林
1	樟树 18.06	朴树 16.89	樟树 20.02	樟树 19.95	樟树 17.95	马尾松 22.37	樟树 18.68	樟树 13.13
2	木麻黄 13.36	红楠 10.29	桂花 5.71	朴树 11.94	桂花 7.28	樟树 12.18	木麻黄 4.45	马尾松 9.75
3	水杉 8.41	白栎 8.15	垂柳 4.43	马尾松 6.89	杜英 5.44	侧柏 10.35	杜英 3.48	朴树 9.69
4	红楠 7.76	樟树 7.26	杜英 4.34	构树 6.84	银杏 4.75	榿木 9.47	水杉 3.00	榿木 5.27
5	桂花 3.26	毛竹 6.86	广玉兰 2.34	女贞 5.87	悬铃木 3.43	女贞 4.23	桂花 2.99	白栎 4.38
6	夹竹桃 2.45	杨梅 4.96	鹅掌楸 2.29	枫香 5.51	加杨 2.52	铃木 3.95	红楠 2.59	女贞 4.09
7	罗汉松 1.90	杜英 4.68	构树 2.16	糙叶树 5.03	桃 2.43	桂花 3.39	银杏 2.28	枫香 3.52
8	珊瑚树 1.73	枫香 4.62	银杏 2.09	榿木 4.16	枫杨 1.79	苦楮 3.36	悬铃木 1.82	侧柏 3.45
9	朴树 1.41	冬青 3.70	水杉 2.06	麻栎 3.33	合欢 1.67	国槐 3.14	垂柳 1.48	红楠 3.43
10	棕榈 1.17	杉木 2.85	悬铃木 2.03	黄连木 2.99	樱花 1.66	白栎 2.96	夹竹桃 1.34	毛竹 2.29
11	圆柏 0.94	灯台树 2.50	枫香 1.99	铃木 2.41	女贞 1.66	重阳木 2.68	枫香 1.27	铃木 2.12
12	鸡爪槭 0.84	麻栎 2.41	樱花 1.97	白栎 2.03	夹竹桃 1.58	孝顺竹 2.32	樱花 1.21	麻栎 2.05
13	普陀樟 0.84	女贞 2.19	栎树 1.54	合欢 1.55	榉树 1.47	青桐 2.04	女贞 1.07	糙叶树 1.68
14	海棠花 0.83	榿木 2.18	玉兰 1.44	苦楝 1.51	垂丝海棠 1.42	白檀 1.98	鹅掌楸 1.06	杨梅 1.65
15	弗吉尼亚栎 0.79	合欢 1.89	朴树 1.16	算盘子 1.32	国槐 1.41	石楠 1.73	广玉兰 1.03	冬青 1.61
16	女贞 0.75	绣线菊 1.51	鸡爪槭 1.13	桂花 1.32	枫香 1.25	山矾 1.65	玉兰 1.01	苦楮 1.58
17	龙柏 0.74	构树 1.43	紫叶李 1.10	红果冬青 1.25	孝顺竹 1.22	黄檀 1.31	合欢 0.96	桂花 1.57
18	淡竹 0.74	珊瑚树 1.40	杨梅 1.09	冬青 1.12	紫叶李 1.10	木荷 1.25	枫杨 0.94	杜英 1.56
19	杜英 0.66	苦楮 1.38	枫杨 1.04	榔榆 1.09	红枫 0.91	榔榆 1.03	珊瑚树 0.86	黄连木 1.42
20	邓恩桉 0.58	黄连木 1.26	垂丝海棠 0.90	孝顺竹 0.95	鹅掌楸 0.89	马银花 0.99	朴树 0.86	国槐 1.23
合计	72.93	98.50	70.08	95.99	71.82	100.00	61.81	86.10

说明：①由于篇幅关系，表中仅列出前 20 位树种，树种后面的数字为重要值，合计中包含未列出树种的重要值；②珊瑚树 *Viburnum odoratissimum*，鹅掌楸 *Liriodendron chinense*，广玉兰 *Magnolia grandiflora*，罗汉松 *Podocarpus macrophyllus*，棕榈 *Trachycarpus fortunei*，圆柏 *Juniperus chinensis*，鸡爪槭 *Acer palmatum*，普陀樟 *Cinnamomum japonicum*，海棠花 *Malus spectabilis*，弗吉尼亚栎 *Quercus virginiana*，龙柏 *Sabina chinensis*，淡竹 *Phyllostachys glauca*，邓恩桉 *Eucalyptus dunnii*，玉兰 *Magnolia denudata*，合欢 *Albizia julibrissin*，冬青 *Ilex chinensis*，杉木 *Cunninghamia lanceolata*，灯台树 *Bothrocaryum controversum*，麻栎 *Quercus acutissima*，绣线菊 *Spiraea salicifolia*，黄连木 *Pistacia chinensis*，樱花 *Cerasus yedoensis*，栎树 *Koelreuteria paniculata*，紫叶李 *Prunus cerasifera*，枫杨 *Pterocarya stenoptera*，垂丝海棠 *Malus halliana*，重阳木 *Bischofia polycarpa*，紫薇 *Lagerstroemia indica*，苦楝 *Melia azedarach*，算盘子 *Glochidion puberum*，红果冬青 *Ilex corallina*，榔榆 *Ulmus parvifolia*，孝顺竹 *Bambusa multiplex*，国槐 *Sophora japonica*，桃 *Amygdalus persica*，榉树 *Zelkova serrata*，红枫 *Acer palmatum forma atropurpureum*，侧柏 *Platycladus orientalis*，青桐 *Firmiana platanifolia*，白檀 *Symplocos paniculata*，山矾 *Symplocos sumuntia*，木荷 *Schima superba*，马银花 *Rhododendron ovatum*。

Eurya japonica, 桂花, 苦槠 *Castanopsis sclerophylla*, 石楠 *Photinia serrulata* 等树种, 人工林以桂花、杜英、银杏、悬铃木、加杨 *Populus × canadensis* 等为主, 表现一定的高大速生特征。东区域周背景林以朴树为基调, 其次为红楠, 白栎, 樟树, 毛竹 *Phyllostachys edulis* 和杨梅 *Myrica rubra* 等, 树种形态低矮, 种类与中区和西区有明显不同, 人工林除樟树外以木麻黄, 水杉, 红楠、桂花, 夹竹桃 *Nerium indicum* 等防护、特殊生境树种为主。东区无论是城周背景林还是城市人工林, 树种都较中西区特殊, 表现出明显的海滨城市地带性特征。

3.1.3 浙中城市森林树种重要值、频数对比分析 目前, 关于城市森林树种应用状况的调查研究多以频数统计为依据^[28-29]。频数指样方中树种出现的次数。本研究频数统计按照每个树种在所有样地中出现的次数计算, 即无论树种的大小、空间分布如何, 只要出现次数多, 就赋予高分。重要值则综合考虑了数量、大小、空间分布的意义, 认为数量越多、个体越大、空间分布越均匀, 则赋予值越大。按重要值和频数分别排序, 对比结果见图1。由图1可见: 2种排序结果趋势基本一致, 但并不完全相同, 特别是朴树、马尾松、枫香的重要值明显偏离且高于频数直方图, 这3种植物在东、中、西区域中空间分布相对均匀, 体量也大, 但在频数统计时只统计了数量大小, 导致低频数、高重要值; 珊瑚树, 雪松 *Cedrus deodara*, 海桐 *Pittosporum tobira*, 石楠, 紫荆 *Cercis chinensis* 等树种重要值低于频数直方图, 这几种植物个体较小或者集中分布, 导致高频数、低重要值。因此, 重要值对于衡量树种应用状况及其在群落中的地位更为全面, 但频数简单易行, 作为粗略分析手段也是可行的。

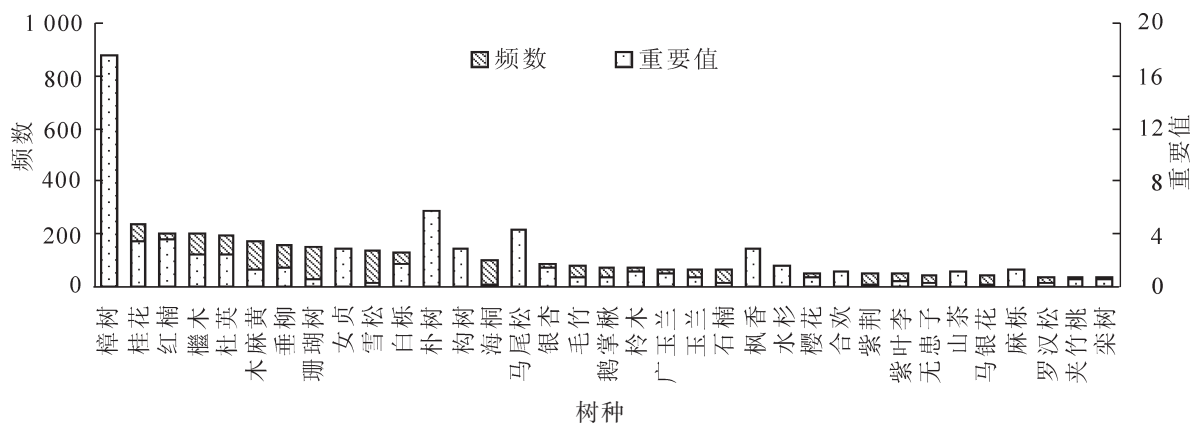


图1 浙中城市森林树种频数、重要值对比

Figure 1 Comparison of frequency and important value of urban forest tree species in central Zhejiang

3.2 群落量化组合模式

为进一步探讨浙中城市森林群落种组成, 依次提取表3所列树种出现的所有样地, 合并以后重新计算一次重要值综合指标, 分析归纳出以该树种为优势种的群落量化组合模式, 以东区城市人工林和城周背景林为例(表4)。以往的群落配置往往以数量做群落内树种配比, 本研究尝试用重要值代替数量, 即提炼出以重要值为量化指标的配置比例, 这种方法更能体现群落内树种结构, 也有利于群落质量提升, 可为各区域城市森林群落配置作参考。

3.3 群落类型分析

参考表3树种排序和分类结果, 并依据表4列举的群落量化组合模式所采用的方法, 提炼出浙中全部树种群落量化组合模式。按照“区位—树种—功能”次序, 结合群落需要营造的环境, 将提炼的所有模式群落进一步划分为基调群落、骨干群落、特色群落以及潜力群落, 并总结调查过程中的不良群落。

3.3.1 基调群落 基调群落指以基调树种为优势种, 能代表城市景观整体, 形成协调统一基调的群落类型。浙中城市森林基调群落东区、中区、西区域相似, 都以樟树为优势种, 搭配木麻黄、朴树、红楠、桂花、马尾松、水杉、白栎、垂柳、杜英等树种, 形成“浙中全城-樟树+林”群落(樟树+指以樟树为优势种的群落, 文后出现某一树种+具有相同含义)。

3.3.2 骨干群落 骨干群落指城市中出現频率较高、使用数量大的树种形成的城市支撑性群落类型。①浙中全城-桂花+道路游憩林, 常与水杉、朴树、夹竹桃、龙柏、杜英、栎树、银杏、广玉兰、樟树、垂

表 4 群落量化组合模式举例

Table 4 Quantitative combination mode in different location

区位	群落类型	群落及配置比例/%
东区	城市人工林	樟树 40.37+朴树 7.71, 或桂花, 或红楠 7.55, 或女贞 7.31, 或桂花 3.76, 或水杉 3.53
		红楠 31.72+樟树 20.77, 或木麻黄 12.50, 或水杉 9.17, 或桂花 5.48, 或鸡爪槭 4.05
		木麻黄 33.36+樟树 17.13, 或水杉 5.35, 或夹竹桃 2.78, 或珊瑚树 2.50, 或弗吉尼亚栎 1.24
		桂花 8.81+水杉 4.71, 或朴树 2.89, 或红楠 2.04, 或夹竹桃 2.02, 或龙柏 1.97, 或桂花 10.36
		水杉 62.64+桂花 10.36, 或樟树 9.99, 或邓恩桉 6.22, 或夹竹桃 5.48, 或圆柏 4.91
城周背景林	东区	罗汉松 16.42+红楠 7.89, 或普陀樟 5.22, 或桂花 5.20, 或海棠 3.62, 或栎树 2.45
		樟树 37.64+红楠 28.28, 或杜英 16.37, 或朴树 11.58, 或冬青 11.47, 或杉木 9.98
		红楠 43.9+朴树 27.46, 或白栎 20.95, 或樟树 17.94, 或麻栎 16.60, 或冬青 14.54
		杜英 47.03+枫香 26.85, 或樟树 26.76, 或刺柏 21.62, 或杉木 19.96, 或朴树 18.28
		麻栎 29.05+朴树 23.97, 或黄连木 19.22, 或灯台树 16.22, 或樟树 14.54, 或女贞 11.45

说明：结香 *Edgeworthia chrysantha*, 新木姜子 *Neolitsea aurata*, 枇杷 *Eriobotrya japonica*, 刺柏 *Juniperus formosana*。

丝海棠搭配, 形成芳香四溢、四季常绿的城市森林骨干群落。②浙中全城-杜英+道路游憩/背景林, 常与广玉兰、玉兰、樱花、马尾松、加杨、银杏、朴树等搭配, 形成全城秋叶绯红、红绿相间的城市森林骨干群落。③西区内-悬铃木+道路游憩林, 常与桂花, 木芙蓉 *Hibiscus mutabilis*, 女贞, 马尾松搭配, 形成叶大荫浓、树姿雄伟的城市森林骨干群落。④中区内-广玉兰+公园/道路游憩林, 常与樱花、垂柳、垂丝海棠、桂花、合欢搭配, 形成花大荫浓、四季常绿的城市森林骨干景观。⑤东区内-木麻黄+防护林, 常与水杉、夹竹桃、珊瑚树、樟树搭配, 形成壮观的沿海防护林骨干群落。

3.3.3 特色群落 特色群落指使用的树种种类丰富、观赏价值高、体现城市森林景观多样性, 形成地方特色的群落类型。①东区内-红楠+防护林/道路/背景林群落, 常与木麻黄、水杉、樟树、桂花、鸡爪槭搭配。红楠春季观新叶, 夏季观果、冬季可观红顶芽, 耐盐碱又抗风, 是东部海岸特殊生态环境下孕育的优良树种, 以红楠为优势树种, 可形成东部海岸特色群落类型。②中区全城-朴树+背景林群落, 以朴树为优势树种, 常与樟树、桂花、枫香、马尾松、欒木、女贞搭配。朴树树冠宽广潇洒, 生长速度快, 绿化效果好, 对有毒气体抗性强, 是中区地区最朴实无华的特色乡土树种。③西区内-马尾松+背景林群落, 常与樟树、白栎、欒木、构树、铃木搭配, 形成西区马尾松特色优良群落类型。除此之外, 还有东区内-罗汉松+道路/公园游憩林群落、西区内-银杏+公园/道路游憩林群落、西区内-侧柏+背景林群落、东区内-麻栎+背景林群落形成了浙中各区域特色群落类型。

3.3.4 潜力群落 潜力群落指目前仅在局部应用, 但有待开发推广、具有潜在应用价值的群落类型。①浙中城内-鹅掌楸+道路游憩林群落, 鹅掌楸为落叶大乔木, 树形端正雄伟、分枝均匀、叶形奇特、花大美丽、秋色叶金黄、抗病虫害极强、生长迅速, 符合绿化树种的基本原则, 是优良的园林绿化树种。以鹅掌楸为优势树种, 搭配桂花、杨树、杜英、女贞、垂丝海棠, 形成道路游憩林群落。②西区内-枳椇 *Hovenia acerba*+道路游憩林/背景林群落, 枳椇为深根性树种, 适应性强、生长迅速、树干挺拔, 应用前景广阔。以枳椇为优势种, 搭配樟树、水杉、女贞等形成道路特色群落, 与苦楮、侧柏、铃木等搭配, 可形成背景林特色群落。③浙中全城-榉树+游憩林/防护林/背景林群落, 榉树为落叶乔木、树姿高大雄伟, 秋叶变红褐色, 为优良观叶树种, 且固土抗风, 可作为防护林及水土保持林。以榉树为优势种, 与樟树、红楠、欒木、黄连木、石榴、桂花等搭配, 可形成特色景观, 具有相当大的潜在应用价值, 值得大力推广。④东区内-乌桕 *Sapium sebiferum*+背景林/游憩林群落, 以乌桕为优势种, 搭配雪松、侧柏、杉木、朴树等, 可形成公园游憩林特色群落, 搭配榔榆、木麻黄、朴树、丝棉木可形成水际游憩林特色景观; 搭配白榆 *Ulmus pumila*, 枫香, 朴树等, 可形成背景林特色群落。⑤中区全城-苦楝+道路游憩林/背景林群落, 以苦楝为优势种, 搭配桂花、樟树, 可作为特色道路游憩林群落; 与枫香、构树、朴树等搭配可形成中区特色背景林群落。除此之外, 还有西区内-黄檀+背景林群落、东区内-新木姜子+道路/公园游憩林群落、东区内-臭椿 *Ailanthus altissima*+防护林群落、东区内-白榆+防护林群落等, 待开发成为区域特色群落类型。

3.3.5 不良群落 不良群落指在进行景观质量综合评价时, 得分<75分(表1)的群落。这些群落在城市

森林中,适应性差、健康度低、景观效果不理想。①浙中全城-构树*游憩林/背景林群落,构树生长迅速,适应性强,但在城市森林中,其往往成为群落中的“霸王树”,外貌粗野、繁殖过快,甚至有一定侵略性,果实易凋落影响道路整洁,景观质量差。②东区内-杜英*道路林,杜英为优良的常绿速生树种,病虫害少,但作为喜酸性植物不适宜生长在东区海滨盐碱类土壤中。③浙中城内-垂柳*游憩/道路游憩林群落,垂柳树姿优美,常见于江南水岸边,形成桃红柳绿之景,但在部分城市中水际垂柳病虫害多,如柳锈病、白粉病等,健康度较低,高质量群落景观维持较难。④中区内-杨树*道路游憩林群落,杨树为良好的防护林及用材林,但在春夏之交飘絮、落叶量大,且作为速生树种,其寿命较短,不宜在城市人工林中栽植。除此之外,东区内-海枣*游憩林群落、中区内-枫香*道路游憩林群落、浙中全城-合欢*道路林群落等由于树种本身生长习性与当地环境条件不符或者出于人们对其喜好等原因,成为了城市不良群落类型。

4 结论与讨论

通过本次调查总共获得 250 种植物,分属于 85 科 170 属,种类相对于科、属来说较少,浙中城市森林绿化对物种的开发利用还有待加强;4 类城市森林中植物种类数排序为城周背景林>城市公园片林>水岸林>道路林,道路林相对于其他城市森林类型来说植物种类最为单一;5 个城市植物种类数排序为淳安>舟山>余姚>富阳>诸暨。

从提炼获取的重要值综合指标可以发现,樟树是浙中城市森林中具有显著地位的基调树种,且重要值排序为中区>西区>东区。西区域周背景林以马尾松为基调,这与西区低山地形、千岛湖水体效应下形成特殊生境适宜马尾松发展有密切关系^[30]。东区海岛特殊立地类型^[32],促使城市人工林中木麻黄、水杉、红楠、桂花、夹竹桃等防护、特殊生境树种占据较大比重。从气候类型上来说,东区属北亚热带南缘季风海洋型气候,受海洋影响强烈,立地条件恶劣,干旱、盐雾、风害、土壤条件差,形成特有稳定的典型植被类型,如红楠、普陀樟、舟山新木姜子、全缘叶冬青、滨柃 *Eurya emarginata* 等,与东区、中区差异较大;西区处浙西北部山区虽在大范围上属亚热带季风气候区的北缘,但受山地地形影响强烈,多层次的立体型气候使得城周背景林植被带有山地特征,且与城市人工林有一定差异。中区地区处于过渡带,植被类型同样具有东西部过度性质。因此浙中地区城周背景林各地差异较大,与各地气候、地形等立地条件耦合较好;人工林的地方差异相对较小,同质化倾向较明显。

因重要值综合指标包含的信息量远大于频数统计信息,在浙中城市森林树种重要值与频数对比研究中,结果趋势大致相同,在一些树种上重要值明显偏离频数直方图,因此,频数研究只能作为研究分析的简要手段,不能代替重要值。本研究不仅使用重要值来寻找基调树种,还通过重要值对浙中城市森林群落进行分类,并对每类群落进行了以重要值代替数量的量化配置及景观应用分析,形成各类型优良群落,可操作性强。这是一种新的尝试,在浙中地区还未做过相关研究。

童明坤等^[32],任斌斌等^[33]对自然群落进行模拟设计并运用到人工林营建中。本研究在研究城周背景林过程中也发现了不少优良群落可以运用于人工林营建,如东区内-黄连木/盐肤木 *Rhus chinensis*/苦楝/滨柃林。黄连木、盐肤木、苦楝对土壤要求不严,苦楝树形优美,春季可观花,且黄连木、盐肤木可作为优良观叶林群落景观;滨柃作为舟山乡土树种,枝叶密集耐修剪且为极耐盐碱常绿树种,开发潜力巨大。

樟树是一种优良绿化树种,但栽植过多,将导致浙中城市森林景观同质化,审美疲劳,物种多样性降低等问题,不利于城市森林的特色化、个性化发展。浙中城市森林植物虽种类并不算多,主要集中在几个大科,但是科属数量较多。植物种类丰富是中亚热带常绿阔叶林地区的一个典型特征,在城市森林建设过程中应将这一优势利用起来,深入挖掘其他同科同属植物,丰富城市森林树种。同时,结合区域小环境特点,选取区域小环境特色树种,营造区域特色群落,加强对地带性植物在营建地域特色景观中的应用研究。

5 参考文献

- [1] 王木林, 缪荣兴. 城市森林的成分及其类型[J]. 林业科学研究, 1997, 10(5): 531 - 535.

- WANG Mulin, MIAO Rongxing. The components of urban forestry and its types [J]. *For Res*, 1997, **10**(5): 531 – 535.
- [2] 宋永昌. 城市森林研究中的几个问题[J]. 中国城市林业, 2004, **2**(1): 4 – 9.
- SONG Yongchang. Analysis of several problems in studies of urban forest [J]. *J Chin Urban For*, 2004, **2**(1): 4 – 9.
- [3] 何兴元, 刘常富, 陈玮, 等. 城市森林分类探讨[J]. 生态学杂志, 2004, **23**(5): 175 – 178.
- HE Xingyuan, LIU Changfu, CHEN Wei, *et al.* Discussion on urban classification [J]. *Chin J Ecol*, 2004, **23**(5): 175 – 178.
- [4] SUGUMARAN R, PAVULURI M K, ZERR D. The use of high-resolution imagery for identification of urban climax forest species using traditional and rule-based classification approach [J]. *IEEE Trans Geosci Remote Sens*, 2003, **41**(9): 1933 – 1939.
- [5] KUPFER J A, FRANKLIN S B. Evaluation of an ecological land type classification system, Natchez Trace State Forest, western Tennessee USA [J]. *Landsc Urban Plan*, 2000, **49**(3/4): 179 – 190.
- [6] ZHANG Wei, ZHANG Xuelei, LI Li, *et al.* Urban forest in Jinan city: distribution, classification and ecological significance [J]. *Catena*, 2007, **69**(1): 44 – 50.
- [7] AKBARI H, ROSE L S, TAHA H. Analyzing the land cover of an urban environment using high-resolution orthophotos [J]. *Landsc Urban Plan*, 2003, **63**(1): 1 – 14.
- [8] 赵丽娟, 项文化, 李家湘, 等. 中亚热带石栎-青冈群落物种组成、结构及区系特征[J]. 林业科学, 2013, **49**(12): 10 – 17.
- ZHAO Lijuan, XIANG Wenhua, LI Jiaxiang, *et al.* Floristic composition, structure and phytogeographic characteristics in a *Lithocarpus glaber-Cyclobalanopsis glauca* forest community in the subtropical region [J]. *Sci Silv Sin*, 2013, **49**(12): 10 – 17.
- [9] 贺山峰, 蒋德明, 李晓兰, 等. 小叶锦鸡儿固沙群落草本种群重要值与生态位的研究[J]. 干旱区资源与环境, 2007, **21**(10): 150 – 155.
- HE Shangfeng, JIANG Deming, LI Xiaolan, *et al.* Important value and niche of herbages in *Caragana microphylla* sand-fixing communities [J]. *J Arid Land Res Environ*, 2007, **21**(10): 150 – 155.
- [10] OLEYAR M D, GREVE A I, WITHEY J C, *et al.* An integrated approach to evaluating urban forest functionality [J]. *Urban Ecosyst*, 2008, **11**(3): 289 – 308.
- [11] 李辉, 谢会成, 赵春仙, 等. 济南市城市森林结构特征分析[J]. 西北林学院学报, 2013, **28**(2): 213 – 217.
- LI Hui, XIE Huicheng, ZHAO Chunxian, *et al.* Analysis on urban forest structure in Ji'nan [J]. *J Northwest For Univ*, 2013, **28**(2): 213 – 217.
- [12] MCPHERSON E G, NOWAK D, HEISLER G, *et al.* Quantifying urban forest structure, function, and value: the Chicago urban forest climate project [J]. *Urban Ecosyst*, 1997, **1**(1): 49 – 61.
- [13] NOWAK D J, CRANE D E, STEVENS J C. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States [J]. *Urban For Urban Green*, 2006, **4**(3/4): 115 – 123.
- [14] WOLF J M, GIBBS J P. Silphids in urban forests: diversity and function [J]. *Urban Ecosyst*, 2004, **7**(4): 371 – 384.
- [15] JENSEN R R, HARDIN P J, HARDIN A J. Classification of urban tree species using hyperspectral imagery [J]. *Geocarto Int*, 2012, **27**(5): 443 – 458.
- [16] MCPHERSON E G. Structure and sustainability of Sacramento's urban forestry [J]. *J Arboric*, 1998, **24**(2): 174 – 189.
- [17] STEWART G H, MEURK C D, IGNATIEVA M E, *et al.* Urban biotopes of aotearoa New Zealand (URBANZ)(II): Floristics, biodiversity and conservation values of urban residential and public woodlands, Christchurch [J]. *Urban For Urban Green*, 2009, **8**(3): 149 – 162.
- [18] 梁璇, 刘萍, 徐正春. 广州城市森林林分结构及林下植物多样性研究[J]. 西南林业大学学报, 2015, **35**(2): 37 – 42.
- LIANG Xuan, LIU Ping, XU Zhengchun. Study on stand structure and undergrowth species diversity of urban forest Guangzhou [J]. *J Southwest For Univ*, 2015, **35**(2): 37 – 42.
- [19] ZAPATA V M, ROBLEDANO F. Assessing biodiversity and conservation value of forest patches secondarily fragmented by urbanization in semiarid southeastern Spain [J]. *J Nat Conserv*, 2014, **22**(2): 166 – 175.
- [20] ALVEY A A. Promoting and preserving biodiversity in the urban forest [J]. *Urban For Urban Green*, 2006, **5**(4):

- 195 – 201.
- [21] 梁璇, 刘萍, 徐正春, 等. 不同类型城市森林的林下植物多样性研究[J]. 华南农业大学学报, 2015, **36**(2): 69 – 73.
LIANG Xuan, LIU Ping, XU Zhengchun, *et al.* A study on the understory species diversity in various urban forests [J]. *J South China Agric Univ*, 2015, **36**(2): 69 – 73.
- [22] 陈勇, 孙冰, 廖绍波, 等. 深圳市城市森林林内景观的美景度评价[J]. 林业科学, 2014, **50**(8): 39 – 44.
CHEN Yong, SUN Bing, LIAO Shaobo, *et al.* Scenic beauty estimation of in-forest landscape in Shenzhen urban forests [J]. *Sci Silv Sin*, 2014, **50**(8): 39 – 44.
- [23] 郟光发. 北京建成区城市森林结构与空间发展潜力研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2006: 14 – 15.
QIE Guangfa. *Studies on Urban Forest Structure and Potential Greening Space in Beijing Built-up Area* [J]. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2006: 14 – 15.
- [24] 许飞, 邱尔发, 王成, 等. 福建省不同类型乡村水岸林的结构特征[J]. 林业科学, 2011, **47**(9): 173 – 180.
XU Fei, QIU Erfa, WANG Cheng, *et al.* Structure characteristics of different types of village waterside forests in Fujian Province [J]. *Sci Silv Sin*, 2011, **47**(9): 173 – 180.
- [25] 王强, 唐燕飞, 王国兵. 城市森林中校园森林群落的结构特征分析[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2006, **30**(1): 109 – 112.
WANG Qiang, TANG Yanfei, WANG Guobing. A preliminary investigation on forest composition and structure in campus of urban forest [J]. *J Nanjing For Univ Nat Sci Ed*, 2006, **30**(1): 109 – 112.
- [26] GREY G W, DENEKE F J. *Urban Forestry* [M]. New York: ASME, 1978: 35 – 38.
- [27] 李艳, 姚小兰, 郝建锋, 等. 林窗对川西周公山柳杉人工林林下物种多样性的影响[J]. 西北植物学报, 2015, **35**(6): 1238 – 1245.
LI Yan, YAO Xiaolan, HAO Jianfeng, *et al.* Effects of forest gap on underforest species diversity in a *Cryptomeria fortunei* plantation in Zhougong Mountain, West Sichuan [J]. *Acta Bot Boreal-Occident*, 2015, **35**(6): 1238 – 1245.
- [28] 杨莉莉, 刘盈盈. 秋色叶树种在杭州行道树中的应用[J]. 浙江农林大学学报, 2014, **31**(4): 597 – 603.
YANG Lili, LIU Yingying. Aesthetic improvement of fall-color roadside trees in Hangzhou, China [J]. *J Zhejiang A & F Univ*, 2014, **31**(4): 597 – 603.
- [29] 邱尔发, 董建文, 史久西, 等. 闽浙乡村行道树种结构特征的比较[J]. 林业科学研究, 2011, **24**(1): 110 – 115.
QIU Erfa, Dong Jianwen, SHI Jiuxi, *et al.* Compare on the structural characteristics of village roadside trees in Fujian and Zhejiang Province [J]. *For Res*, 2011, **24**(1): 110 – 115.
- [30] 王年金, 何玉友, 秦国峰, 等. 马尾松雄球花成熟期及受气温影响的观测[J]. 林业科学研究, 2010, **23**(6): 905 – 909.
WANG Nianjin, HE Yuyou, QIN Guofeng, *et al.* Observation on the mature period of masson pine male cones and its climatic impact [J]. *For Res*, 2010, **23**(6): 905 – 909.
- [31] 陶吉兴. 浙江海岛适地适树技术研究[J]. 浙江林学院学报, 2003, **20**(4): 346 – 352.
TAO Jixing. A study of matching species with the site in island areas of Zhejiang [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2003, **20**(4): 346 – 352.
- [32] 董明坤, 弓弼, 王迪海, 等. 关中地区模拟自然群落植物景观设计研究[J]. 西北林学院学报, 2013, **28**(2): 207 – 212.
DONG Mingkun, GONG Bi, WANG Dihai, *et al.* Plantscape design based on simulation of natural plant communities in Guanzhong [J]. *J Northwest For Univ*, 2013, **28**(2): 207 – 212.
- [33] 任斌斌, 冯久莹, 李树华. 模拟邯郸地区自然群落的植物景观设计[J]. 浙江农林大学学报, 2011, **28**(6): 870 – 877.
REN Binbin, FENG Jiuying, LI Shuhua. Developing plant landscape designs through simulation of natural plant communities in nandan [J]. *J Zhejiang A & F Univ*, 2011, **28**(6): 870 – 877.