

北京近自然园林绿地植物群落综合评价指标体系研究

冯彩云¹, 许新桥², 孙振元^{2*}

(1. 中国林学会, 北京 100091; 2. 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091)

摘要: 为科学地评价园林绿地植物群落的质量, 以北京 17 个园林绿地植物群落为研究对象, 应用德尔斐法和层次分析法从自然度和景观美学指数两方面以植物群落组成、植物群落活力、干扰程度、植物群落结构、植物群落风景要素和植物配置要素等 6 个二级指标、植物群落地域特色、Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数、Pielou 指数、天然更新幼苗数、植物群落郁闭度、人类活动、自然灾害、植物群落层次、直径分布、季相变化丰富度、观赏特性丰富度、植物群落与整体环境协调性、植物群落的景观地带性特色、植物生活型结构丰富度、植物物种多样性和植物生长势 17 个三级指标构建了近自然园林绿地植物群落的综合评价指标体系。结果表明, 北京市园林绿地植物群落综合得分在 0.35~0.71 之间, 评价等级多集中在 II 级、III 级, 这与实际情况相符, 说明近自然园林绿地植物群落综合评价指标体系具有可操作性、有效性和实用性。文中最后建议用近自然园林的理念来营造园林绿地、加强对乡土植物物种的研究和应用以提高园林绿地植物群落的质量。

关键词: 近自然园林; 植物群落; 综合评价指标体系; 德尔斐法; 层次分析法; 北京

中图分类号: S731.2

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2014)06-0950-06

A comprehensive evaluation system for nature-approximating landscape architecture plant community in Beijing

FENG Caiyun¹, XU Xinqiao², SUN Zhenyuan²

(1. Chinese Society of Forestry, Beijing 100091; 2. Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091)

Abstract: A comprehensive evaluation index system for nature-approximating landscape architecture plant community was established using Delphi method and AHP(analytic hierarchy process) from nature and landscape aesthetics aspects. A total of six specifications at the second level, including plant community composition, the vigor, disturbing degree, the structure, landscaping, and configuration elements, were taken into account. Another 17 indexes at the third level, including plant community characteristics, Simpson index, Shannon-Wiener index, Pielou index, number changes of seedlings, canopy density, human activities, natural disasters, diameter distribution levels, seasonal changes, sightseeing characteristics, relationship with surrounding environment, characteristics of local zone, ecological structures, biodiversity, and the vigor of plant growth were also evaluated for their contributions to the system. The system was used to evaluate the landscaping architecture in 17 studied stands in Beijing. The results showed that the comprehensive score of the studied stands were 0.35-0.71 and the grades of most stands were centered around level II or III. In general, the assessment grades of plant communities in Beijing were not high, which was in agreement with the actual situation. It proved the validity of the system. Finally, it was suggested that improving plant community landscape architecture through applying the natural landscape architecture idea and strengthening the usage of native plant species might be more sustainable.

Key words: nature-approximating landscape architecture; plant community; comprehensive evaluation system; Delphi method; AHP; Beijing

随着社会、经济的发展和人们生活水平的提高, 人们对所居住城市的生态环境建设日益关注。城市

园林绿地作为城市唯一的自然生态复合系统, 对改善城市生态环境质量、维持城市生态平衡方面发挥

收稿日期: 2014-04-15

作者简介: 冯彩云, 博士, 高级工程师。E-mail: bjmaryfeng@163.com

* 通信作者: 孙振元, 研究员, 博士生导师。E-mail: sunzy@caf.ac.cn

着重要的作用^[1]。人们对城市园林绿化的要求不再仅仅限于传统的游憩、观赏功能,而是发展到维持城市生态平衡、保护生物多样性和再现自然的更高要求。近自然园林植物群落强调模拟自然,通过人工技术与植物自然生长的完美结合,营造以地带性植物群落为目标的园林植物群落,具有群落结构完整、生物多样性丰富、稳定性强、地域特色明显特点,能充分发挥园林绿地的生态效益和景观效益^[2]。

作者采用德尔斐法和层次分析法,从模拟自然植物群落质量的高低、近自然程度的大小、是否有良好的植物群落的景观美学效果等方面综合考虑,本着评价指标的可行性、代表性、可比性、整体性和实用性的筛选原则^[3],对北京公园绿地植物群落进行了综合评价,以探索出一种科学有效的评判园林绿地植物群落的方法,给园林绿化部门提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究方法

采取机械布点法,沿北京市东西、南北轴以及与两轴垂直相交的北京环线的交接点,在交接点附近选择具有代表性的公园进行调查。最终确定调查的公园共有中山公园、玉渊潭公园、奥林匹克森林公园及百望山森林公园等 9 个公园。根据公园的规模和植物分布特点确定各个公园调查的地点和样方数量。采用标准样方调查,乔木样方的面积为 20 m × 20 m,对胸径大于 4 cm 的乔木进行每木检尺,并记录乔木植物物种的名称、株数、胸径、高度、冠幅、生长状况、所属层次和有无更新等;灌木样方的面积为 2 m × 2 m,记录灌木植物物种的名称、株数、高度、宽度、绿篱密度、生长状况和有无更新等;草本样方的面积为 1 m × 1 m,记录草本植物物种的名称、株数/丛数、高度、盖度、生长状况和是否为野生等^[4]。

1.2 研究方法

1.2.1 研究方法 按照宁多勿缺的原则,尽可能将决定和影响近自然园林绿地质量的可能因素归集整理,构筑起评价指标体系的初步框架和各级指标,并初步拟定各级指标的内涵和量测方法。在此基础上,采用德尔斐法,按照上述评价指标的筛选原则,对初步构筑的评价指标体系进行了筛选,从自然度和景观美学指数两方面以植物群落组成、植物群落活力、干扰程度、植物群落结构、植物群落风景要素、植物配置要素等 6 个二级指标、植物群落地域特色、Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数、Pielou 指数、天然更新幼苗数、植物群落郁闭度、人类活动、自

然灾害、植物群落层次、直径分布、季相变化丰富度、观赏特性丰富度、植物群落与整体环境协调性、植物群落的景观地带性特色、植物生活型结构丰富度、植物物种多样性、植物生长势 17 个三级指标构建了综合评价指标体系,采用层次分析法^[5](AHP 法)确定了各级评价指标的权重(表 1)。

构建的近自然园林绿地植物群落的综合评价指标体系指标采用定性与定量的方法,尽量引用国家、地方、行业有关标准和科研成果。指标层选择的各指标从不同的方面反映了植物群落的特征,但由于各指标代表的意义不同,数量级不同,量纲也有所差异,因此,要对每个指标进行标准化处理,使其转化为[0, 1]区间内的数值,从而使近自然园林绿地植物群落的综合评价指标具可比性和区分度^[6]。植物群落中乡土植物所占比重、植物群落植物物种多样性、天然更新幼苗数量、植物群落郁闭度、植物群落层次、直径分布等指标的实测值进行统计、计算。干扰程度、季相变化丰富度、观赏特性丰富度、植物群落与整体环境协调性、植物群落的景观地带性特色、植物生活型结构丰富度及植物生长势等指标通过专家评分进行量化。通过评分进行量化,以 0.2、0.4、0.8、1 这 4 个等级分别代表差、中、较好和好。植物群落组成采用物种多样性指数 Simpson 指数(D)、Shannon-Wiener 指数(H)和 Pielou 均匀度指数(J)评价植物群落物种的多样性和均匀程度。采用重要值(I)对单个植物物种进行评价。各指标计算公式^[7]为:

$$\text{Simpson 多样性指数: } D = 1 - \sum_{i=1}^s (p_i)^2, \text{ 式中: } S$$

为物种数, p_i 为第 i 物种占总株数的比值;

$$\text{Shannon-Wiener 指数: } H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i, \text{ 式中:}$$

p_i 为第 i 物种株数占总株数的比值, S 为物种数;

Pielou 均匀度指数: $J = H' / \ln S$, 式中: H' 为 Shannon-Wiener 指数, S 为物种数。

植物群落活力从选择幼苗天然更新数量^[8]、植物群落郁闭度^[9-10]两个方面考察。天然幼苗更新数量 > 10000 株·hm⁻², 表明更新良好,以 1 表示;天然幼苗更新数量为 5000~10000 株·hm⁻², 表明更新中等,以 0.8 表示;天然幼苗更新数量为 2000~5000 株·hm⁻², 表明更新不足,以 0.4 表示;天然幼苗更新数量 < 2000 株·hm⁻², 表明无更新,以 0 表示。

$$\text{1.2.2 评价指标的分值的计算 } S = \sum_{i=1}^n W_i \cdot P_{i(v)}$$

($i=1, 2, \dots, n$)

上式中, W_i 为层次体系中指标层相对于目标层的综合权重, 它是由各层次指标子系统相对于其上一层指标的分离权重值, $P_{i(v)}$ 是第 i 个指标的计算值, S

为指标体系综合值。

1.3 评价指标的分值及评分等级

评价指标的分值及评分等级见表 2。

表 1 近自然园林绿地植物群落的综合评价指标体系

Table 1 Comprehensive evaluation system for close-to-natural landscape Architecture plant community

目标层 A Objective level	准则层 B 及权重 Rule hierarchy and weight		指标层 C 及权重 Index level and weight
近自然园林绿地	自然度	植物群落组成 B1	植物群落地域特色 C1 (0.068)
植物群落综合评价 价指标	(0.5)	(0.125)	植物群落植物物种的 Simpson 指数 C2 (0.018)
			植物群落植物物种的 Shannon-weineron 指数 C3 (0.018)
			植物群落植物物种的 Pielou 指数 C4 (0.021)
		植物群落活力 B2	天然更新幼苗数 C5 (0.042)
		(0.125)	植物群落郁闭度 C6 (0.083)
		干扰程度 B3	人类活动 (如修剪、清除枯落物、补栽等) C7 (0.083)
		(0.125)	自然灾害 (如病虫害、风灾、火灾等) C8 (0.042)
		植物群落结构 B4	植物群落层次 C9 (0.0625)
		(0.125)	直径分布 C10 (0.0625)
	景观美学指数	植物群落风景要素 B5	季相变化丰富度 C11 (0.097)
	(0.5)	(0.250)	观赏特性丰富度 C12 (0.097)
			植物群落与整体环境协调性 C13 (0.030)
			植物群落的景观地带性特色 C14 (0.026)
		植物配置要素 B6	植物生活型结构丰富度 C15 (0.137)
		(0.250)	植物物种多样性 C16 (0.053)
			植物生长势 C17 (0.060)

表 2 评分等级

Table 2 Rating scale

分值 Score	≤0.34	0.34~0.46	0.46~0.58	0.58~0.70	≥0.7
等级 Grade	V	IV	III	II	I

2 结果与分析

将各指标权重与各指标分值相结合, 得出研究样地各指标特征值 (表 3), 分别将样地自然度、景观美学指数各指标特征值求和, 得到自然度、景观美学指数, 将两者求和, 得出近自然园林绿地植物群落综合评价的分值 (表 4)。

从表 4 可以看出, 17 个样地综合指标评价的分值在 0.35023~0.70553 之间, 评分等级多集中在 II 级、III 级。有 8 个样地 (分别是 1、3、5、6、7、9、12 和 13 号样地) 的得分在 III 级分值 0.46~0.58 区间, 占总样地的 47%。有 7 个样地 (2、8、10、11、14、15 和 16 号样地) 的得分在 II 级分值 0.58~0.70 区间, 占总样地的 41%。近自然园林绿地植物群落综合评价的分值最低的样地为 4 号样地, 4 号样地是人工侧柏 (*Platycladus orientalis*) 针叶纯林, 位于地坛公园内, 得分为 0.3502, 综合评分等级为 IV

级, 这是因为地坛公园位于北京市中心地带, 人类活动较多, 对植物群落的干扰性大, 人工侧柏纯针叶林植物群落的物种多样性非常少, 物种配置不完整, 缺少灌木层, 群落层次单一, 林冠线单调, 季相变化极度不明显, 植物群落的色彩变化单调, 因此, 这个样地的自然度和景观美学指数的得分都是最低的。近自然园林绿地植物群落综合评价的分值最高的样地为 17 号样地, 综合指标评价的分值为 0.70553, 评分等级达到 I 级。这个样地的自然度和景观美学指数得分也是最高的, 17 号样地位于百望山森林公园内, 为刺槐 (*Robinia pseudoacacia*)、侧柏针阔混交林, 该样地位于郊区, 远离道路, 人为干扰少, 植物群落的物种多样性非常丰富, 物种配置完整, 具有乔、灌、草 3 层完整的结构, 林下天然更新的幼苗较多, 林冠线变化丰富、起落有致, 四季季相变化明显, 植物群落的色彩变化丰富。

表 3 研究样地各指标特征值
Table 3 Indicator character values of the studied stands

样地号 Stand No.	指标 Indicator							
	植物群落组成 Tree species composition			植物群落活力 Vigor			干扰程度 Disturbing degree	
	植物群落 地域特征	Simpson 指数	Shannon-wiener 指数	Pielou 指数	天然更新 幼苗数量	植物群落 郁闭度	人类活动	自然灾害
1	0.0408	0.0038	0.0031	0.0027	0.0000	0.0498	0.0168	0.0328
2	0.0544	0.0042	0.0032	0.0028	0.0000	0.0498	0.0168	0.0328
3	0.0136	0.0045	0.0035	0.0027	0.0000	0.0498	0.0168	0.0328
4	0.0680	0.0010	0.0017	0.0008	0.0000	0.0498	0.0168	0.0328
5	0.0136	0.0047	0.0035	0.0029	0.0000	0.0498	0.0336	0.0328
6	0.0136	0.0040	0.0036	0.0029	0.0000	0.0332	0.0168	0.0328
7	0.0408	0.0049	0.0039	0.0030	0.0000	0.0332	0.0168	0.0328
8	0.0272	0.0054	0.0044	0.0035	0.0000	0.0498	0.0336	0.0328
9	0.0272	0.0041	0.0035	0.0029	0.0000	0.0332	0.0168	0.0328
10	0.0272	0.0060	0.0047	0.0034	0.0000	0.0332	0.0504	0.0328
11	0.0408	0.0059	0.0045	0.0033	0.0000	0.0498	0.0504	0.0328
12	0.0544	0.0042	0.0045	0.0026	0.0000	0.0498	0.0504	0.0328
13	0.0680	0.0040	0.0038	0.0027	0.0168	0.0498	0.0504	0.0328
14	0.0680	0.0049	0.0046	0.0031	0.0000	0.0498	0.0672	0.0328
15	0.0680	0.0044	0.0047	0.0029	0.0000	0.0498	0.0672	0.0328
16	0.0680	0.0056	0.0043	0.0032	0.0000	0.0498	0.0498	0.0328
17	0.0680	0.0058	0.0048	0.0035	0.0168	0.0498	0.0672	0.0328

样地号 Stand No.	指标 Indicator								
	植物群落结构特征 Structure character		植物群落风景要素 Landscape elements of phytoecommunity				植物群落配置要素 Allocation elements of phytoecommunity		
	植物群 落层次	植物群落 直径分布	植物群落季 相丰富度	植物观赏 性丰富度	植物群落与 环境协调性	植物群落 地带性	植物群落 生活型	植物物种 多样性	植物群落 生长势
1	0.0375	0.0313	0.0582	0.0582	0.0180	0.0156	0.1096	0.0336	0.0480
2	0.0375	0.0313	0.0582	0.0582	0.0240	0.0208	0.1096	0.0375	0.0480
3	0.0375	0.0313	0.0582	0.0582	0.0180	0.0052	0.1096	0.0398	0.0480
4	0.0125	0.0000	0.0194	0.0194	0.0180	0.0260	0.0274	0.0087	0.0480
5	0.0375	0.0313	0.0388	0.0582	0.0180	0.0052	0.1096	0.0411	0.0480
6	0.0250	0.0313	0.0388	0.0582	0.0180	0.0052	0.1096	0.0356	0.0480
7	0.0375	0.0313	0.0388	0.0582	0.0180	0.0156	0.0822	0.0431	0.0360
8	0.0500	0.0313	0.0582	0.0582	0.0180	0.0104	0.1096	0.0476	0.0480
9	0.0375	0.0313	0.0582	0.0582	0.0180	0.0104	0.1096	0.0366	0.0360
10	0.0375	0.0313	0.0582	0.0582	0.0180	0.0104	0.1096	0.0530	0.0480
11	0.0500	0.0313	0.0582	0.0582	0.0240	0.0156	0.1096	0.0520	0.0480
12	0.0375	0.0313	0.0388	0.0388	0.0240	0.0208	0.0822	0.0371	0.0480
13	0.0375	0.0313	0.0194	0.0388	0.0240	0.0260	0.0548	0.0351	0.0480
14	0.0375	0.0313	0.0388	0.0388	0.0240	0.0260	0.0822	0.0436	0.0480
15	0.0375	0.0313	0.0388	0.0388	0.0240	0.0260	0.0822	0.0390	0.0480
16	0.0375	0.0313	0.0194	0.0388	0.0240	0.0260	0.0822	0.0492	0.0480
17	0.0500	0.0313	0.0582	0.0582	0.0240	0.0260	0.1096	0.0517	0.0480

通过对北京市园林绿地植物群落综合评价的得分和评价等级可知,北京市现有的群落综合得分在

0.35~0.71 之间,评价等级多集中在 II 级、III 级,说明北京市园林绿地植物群落总体质量较好,但北

京市园林绿地植物群落仍存在问题,亟需引起园林绿地部门的重视:(1)物种组成不合理性。北京公园绿地过分强调外在视觉效果、过分追求形式美,绝大部分园林绿化用灌木植物和草本植物都是引进的,在北京市园林绿化中乡土物种使用的比重偏少,特别是乡土灌木和乡土草本的使用更少了,植物群落地域特征不明显,缺少顶极适应值高的乡土植物,植物群落的自然度低,远不能达到近自然植物群落的要求。(2)乔灌草结合度不理想。北京公园绿地的植物群落乔灌草的数量和种类配比与自然群落存在较大的距离。曾一度受“大草坪、大色块、大效果”的园林植物配置方法影响^[13],有些公园绿地的植物群落缺少灌木层或草本层;公园绿地特别是城区公园绿地中,草坪草主要集中在有限的几个品种:高

羊茅(*Festuca arundinacea*)、草地早熟禾(*Poa pratensis*)、麦冬(*Radix Liriodopsis*)等,乔灌密度偏低,以草坪为主的绿化仍占一定比例。(3)群落结构层次简单。大多数植物群落没有乔木层亚层,有的群落缺少草本层或灌木层,基本上没有层间藤本植物,植物群落中乔灌草藤的空间结构布局简单,植物群落的层次缺少高低错落变化象,与自然植被存在较大的差距。(4)色彩搭配单调,季相景观不突出。北京市公园内的大多植物群落季相变化不突出,总体色彩搭配比较单调,群落的叶色差异较为单调,过渡欠佳,不能展现植物群落的四时变化、季候演替、绚烂多彩的植物风貌,这些问题将影响到植物群落景观效益的发挥。

表 4 研究样地综合评价

Table 4 Comprehensive evaluation of the studied stands

样地号 Stand No.	1	2	3	4	5	6	7	8
自然度	0.218563	0.232769	0.192534	0.183331	0.209652	0.163206	0.189315	0.237943
景观美学指标	0.341248	0.356312	0.337015	0.166899	0.318881	0.313406	0.2919	0.350033
综合	0.559811	0.589081	0.529549	0.35023	0.528533	0.476611	0.496102	0.587976
等级	III	II	III	IV	III	III	III	II
9	10	11	12	13	14	15	16	17
0.189315	0.226465	0.268745	0.267395	0.296988	0.2992	0.29852	0.29958	0.329975
0.326974	0.3614	0.365639	0.289661	0.246135	0.301415	0.296811	0.287629	0.375658
0.516289	0.587865	0.634384	0.557056	0.543123	0.6006	0.5953	0.5812	0.705532
III	II	II	III	III	II	II	II	I

3 小结与讨论

3.1 北京市园林绿地植物群落质量有待提高

通过对北京市园林绿地植物群落综合评价的得分和评价等级可知,北京市现有的群落综合得分在0.35~0.71之间,评价等级多集中在II级、III级,仅有一个样地的得分达到I级,但得分也是刚刚达到I级的分值,总体上看,北京市园林绿地植物群落质量有待提高。

3.2 近自然园林绿地植物群落综合评价指标体系具有可操作性、有效性和实用性

近自然园林绿地植物群落综合评价指标体系仍然是一项探索性的工作,由于不同的研究关注的重点和研究的方向有所差异,对植物群落评价所选择的指标也有所不同,评价的标准也不统一。生态学方向的研究往往偏重于植物群落特征的分析;对于植物景观设计的分析^[11-14],景观学方向的研究侧重于从园林景观学、植物学角度,强调模拟营造近自

然植物群落或恢复地带性植被,研究成果大多建立在景观规划设计上,缺少对植物群落作为一个生态系统的研究^[15-17]。本研究从模拟自然植物群落质量的高低、近自然程度的大小、是否有良好的植物群落的景观美学效果、能否为城市居民提供优质服务等方面综合考虑,构建了近自然园林绿地植物群落的综合评价指标体系,并应用该评价指标体系对北京的园林绿地进行评价。结果及测评结果较为理想,与实际情况相符,说明该评价体系具有可操作性、有效性和实用性,能科学、客观、真实的量化和反映北京市公园绿地植物群落的状态,基本满足了北京市近自然园林绿地植物群落综合评价的要求,为园林绿化部门的宏观决策与实际工作提供了科学依据,为近自然园林的进一步研究提供了参考依据。

3.3 用近自然园林的理念来营造园林绿地

在园林绿化建设中要以人为本、尊重自然,构建一个具有地域特点、结构合理、生态稳定、人与自然和谐统一的园林绿地系统。近自然园林是继承

和发展传统园林的经验,在城区和城郊范围内,以园林学、生态学等理论为指导,以营造以乡土植物为主,乔灌木相结合的以改善城市生态环境、打造优美景观美学质量等多种功能的具有自我演替能力地带性园林系统。要用近自然园林的理念来营造园林绿地。对建园时间长,公园植物物种单一的公园绿地,建议通过调整公园植物配置、引进乡土植物、调整公园空间植物群落的景观格局等措施将现有公园绿地逐渐打造成近自然园林绿地植物群落绿地。对规划新建的公园绿地,建议用近自然园林的设计理念,保留原有地形、地貌条件,依地就势,保持原生态,在设计中结合自然,从而确保自然过程的运行,运用模拟自然的技术和方法,例如选择乡土植物,应用容器育苗技术,通过人工技术与植物自然生长相结合,营造出具有地域特色的近自然园林绿地植物群落。

3.4 加强对乡土植物物种的研究和应用

乡土植物经过长期自然选择,最适应本土环境,最适于构建地域特色明显的植物群落的景观,最有效地维持生物多样性,成本也最低。乡土植物应当成为城市园林绿化的骨干植物,但在对北京园林绿地的调查中发现,目前北京城市园林绿化中乡土植物物种利用过少,特别是灌木和草本大部分都是引进种,而且集中在有限的几个种类,过分强调外在视觉效果、过分追求形式美,生物多样性偏低、生物入侵风险较高。其他城市也存在类似情况。北京的乡土植物物种资源丰富,据北京山区植物调查显示,北京山区共有维管束植物 1283 种(含变种、变型),隶属于 127 科、538 属,其中野生植物有 1166 种(含变种),隶属于 122 科、503 属^[18]。有很多适应性强、观赏效果好北京乡土植物物种虽然广泛分布在北京,却很少在园林绿化中利用,例如乔木类的榆树 (*Ulmus pumila*)、桑树 (*Morus mongolica*)、枫杨 (*Pterocarya stenoptera*)、山楂 (*Crataegus pinnatifida*) 等;灌木类的绣线菊 (*Spiraea trilobata*)、胡枝子 (*Lespedeza bicolor*)、水栒子 (*Cotoneaster multiflorus*)、扁担木 (*Grewia biloba*) 等;草本植物的紫花地丁 (*Viola philippica*)、酢浆草 (*Oxalis triangu*)、委陵菜 (*Potentilla chinensis*)、苔草 (*Carex callitrichos*) 等。这些乡土植物物种如果加以适当的应用,将在很大程度上发挥植物群落的生态效益、

丰富城市绿地的景观效益。建议相关研究机构要加强对野生乡土植物的驯化和繁育研究,建议市政园林绿化部门在城市园林绿化工作中重视乡土植物的推广、应用。

参考文献:

- [1] 鲁敏,李英杰.城市生态绿地系统建设-植物种选择与绿化工程构建[M].北京:中国林业出版社,2005.
- [2] 杨玉萍,周志翔.城市近自然园林的理论基础与营造方法[J].生态学杂志,2009,28(3):516-522.
- [3] 党普兴,侯晓巍,惠刚盈.区域森林资源质量综合评价指标体系和评价方法[J].林业科学研究,2008,21(1):84-90.
- [4] 郑瑞文,刘艳红.北京市公园绿地植物多样性研究[J].科学技术与工程,2006,15(6):2309-2314.
- [5] 许树柏.实用决策方法-层次分析法原理[M].天津:天津大学出版社,1988.
- [6] 赵中华.基于林分状态特征的森林自然度评价研究[D].北京:中国林业科学研究院,2009.
- [7] 黄广远,徐程杨,章志都,等.北京典型郊野公园植物组成结构分析[J].城市环境与城市生态,2010,23(5):18-24.
- [8] 周志翔.园林生态学实验实习指导书[M].北京:中国农业出版社,2003.
- [9] 郝云庆,王金锡,王启和,等.崇州林场不同林分近自然度分析与经营对策研究[J].四川林业科技,2005(4):20-25.
- [10] 李沁.玉渊潭公园绿色奥运植物群落景观示范区设计[D].北京:北京农学院,2005.
- [11] 尹俊光,彭鹤,章君果,等.城市近自然森林生态效益研究[J].华东师范大学学报:自然科学版,2009(5):63-74.
- [12] 李春娇,贾培义,董丽.近自然园林植物群落及其评价指标体系初探[R].中国园艺学会观赏园艺专业委员会年会,2007.
- [13] 李玉杰,郭素娟.北京市城区公园植物多样性及近自然群落的应用[J].林业科技开发,2009,23(2):33-37.
- [14] 曾晓阳.成都市城市森林的近自然植物群落配置模式研究[D].雅安:四川农业大学,2009.
- [15] 郑岩.哈尔滨城市公园植物群落特征及其景观评价[D].哈尔滨:东北林业大学,2007.
- [16] 彭超.武汉市郊野公园近自然植物群落营造研究[D].武汉:华中农业大学,2012.
- [17] 张婷.郊野公园植物群落配置研究-以上海和南京为例[D].上海:上海交通大学,2010.
- [18] 邢韶华,林大影,袁秀,等.北京山区野生维管束植物区系[J].生态学杂志,2006,25(6):671-676.