

基于城市生物多样性提升的杨凌树木园景观规划设计研究

杨丹晨¹, 陈羿汝², 冯照馨², 杨 坤², 李仓拴^{2*}

(1. 信阳农林学院 规划与设计学院, 河南 信阳 464000; 2. 西北农林科技大学 风景园林艺术学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:生物多样性营造是城市绿地建设的重要议题,传统的植物园注重生物多样性而景观功能缺失,公园以景观功能为主但生物多样性匮乏。因此,如何协调生物多样性和景观功能之间的矛盾是城市植物园建设面临的难题之一。基于此,本研究以陕西关中植物区系为基础,通过分区规划、游览路径和植物景观规划、生物多样性解说系统充分展示陕西关中地区的植物区系和生物多样性,同时营造丰富的生境多样性、植物多样性、群落多样性和景观多样性,通过实践协调了我国树木园面临生物多样性展示与植物景观营造之间的矛盾,为城市树木园的营建提供了理论依据和实践指导。

关键词:城市生物多样性;树木园;公园规划设计;植物群落设计

中图分类号:S731.2

文献标志码:A

文章编号:1001-7461(2023)01-0266-07

Landscape Planning and Design of Yangling Arboretum Based on the Promotion of Urban Biodiversity

YANG Dan-chen¹, CHEN Yi-ru², FENG Zhao-xin², YANG Kun², LI Cang-shuan^{2*}

(1. Planning and Design College, Xinyang Agriculture and Forestry University, Xinyang 464000, Henan, China;

2. College of Landscape Architecture and Art, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: The biological diversity construction is an important issue for the construction of urban green spaces. In traditional botanical garden, attention was paid to biodiversity, leading to the lack of landscape function. While in modern park construction, priority is given to landscape function, resulting in the lack of biodiversity. Therefore, how to coordinate the biodiversity and landscape functions is one of the challenges faced by the city botanical garden construction. The biodiversity and landscape diversity is well balanced in the construction of "Yangling Arboretum", in which the flora collected was mainly from central Shaanxi Plain (Guangzhong). The biodiversity was reflected by its zoning plan, the tour path, and the plan of landscape. At the same time, the arboretum created a rich habitat diversity, plant diversity, community diversity and landscape diversity. The arboretum coordinated the contradiction between the landscape construction and displayed of the biological diversity about the arboretum in China through practicing, and provided a theoretical basis and practical guidance for the construction of urban arboretum.

Key words: urban biodiversity; arboretum park; park planning design; plant community design

当前,生物多样性的保护已成为全球共识。已有研究表明,生物多样性增强了城市结构的宜人性和宜居性,有助于人们的娱乐和休闲需求,在改善人类福祉和身心健康方面扮演着不可替代的角色^[1-2]。

城市生物多样性包括保护和营造 2 个维度,而

生物多样性营造是城市生态环境建设的重要内容。早在 1994 年,德国柏林引入“生物小区用地因子”策略以提高城市的生物多样性;澳大利亚悉尼市提出把动植物引进城市,保护和丰富城市的生物多样性,并在奥林匹克公园内保留和恢复大片的湿地、沼泽、

收稿日期:2021-11-22 修回日期:2021-12-18

基金项目:陕西省自然科学基金青年项目(2021JQ-176)。

第一作者:杨丹晨。研究方向:风景园林规划与设计。E-mail:417692732@qq.com

* 通信作者:李仓拴,博士,讲师。研究方向:城市生境与生物多样性营造。E-mail:351254716@qq.com

丛林;日本则在进行城市生物多样性保护的过程中注重引入自然群落结构机制或建立相似结构的人工群落;在我国,生物多样性营造主要集中在城市总体规划阶段的绿地系统规划,并聚焦于植物多样性规划^[3]。

公园作为城市绿地中面积最大的斑块类型,在城市生物多样性营造方面扮演着越来越重要的角色。传统的城市公园营造以景观功能为主但生物多样性匮乏,而植物园注重生物多样性而景观功能缺失。因此,如何在公园中协调生物多样性展示与景观游憩功能的矛盾是公园建设的重要议题。与此同时,近年来植物园也越来越注重景观功能,在原有物种丰富度高的基础上,营造了视觉、听觉、嗅觉等调动多感官的体验。由此可见,无论是城市公园还是专类植物园,均趋向生物多样性展示与游憩功能的融合,这将是城市公园和树木园发展的必然趋势,也是城市公园营建亟待解决的新问题。

1 城市植物园与城市多样性的关系

城市植物园是承载城市生物多样性的主要场所,为植物多样性的保护和发展提供了有利的空间和条件,满足了植物多样性就地保护、迁徙保护及持续利用的功能。长期以来,植物园的规划设计以开展植物品种引进和生物多样性展示为主要目标。截至目前,中国植物园共建有专类园区约1 200个,保存植物23 340余种,占全球保育总数的25%^[4]。中国植物园迁地保育受威胁植物约1 500种,约占本土受威胁植物种数的39%^[5]。植物园在生物多样性保护方面发挥了重要的基础作用,是重要的生物多样性科学研究平台。

城市公园的基本功能是满足公众的游憩需要,然而随着城市绿地生态功能诉求的提高,其生物多样性营造潜力逐渐受到重视。目前,城市公园已被视为城市生物多样性营造的重要场所,乔木、灌木和草本植物组合形成丰富的植物群落,在营造游憩功能的同时提升了生物多样性。

城市植物园和城市公园均遵循各自的发展路径,在新形势下,所有的植物园和公园都兼具生物多样性保护和游憩的双重功能。理论上而言,生物多样性展示与游憩功能并非不可调和的矛盾,深层的原因在于缺乏适宜的规划设计方法。基于此,本研究提出以下思路:一是按照将生物多样性规划和植物景观规划同时进行,而非先后顺序;二是在植物景观的营造上,分别从植物多样性、群落多样性、景观多样性的层级式设计思路,从而兼顾生物多样性的展示和景观功能的营造。

2 杨凌树木园的生物多样性

建设之初,杨凌树木园被定义为既具有生物多样性展示功能的植物园,又具有游憩功能的城市公园。因此,杨凌树木园的规划设计既要求展示关中植物区系和生物多样性,又为杨凌城区营造丰富多样性的城市景观。

2.1 场地概况

场地位于杨凌农业高新技术产业示范区,地处陕西省关中平原中部,属东亚暖温带半湿润半干旱气候区,春暖多风,夏热多雨、秋凉爽多连阴雨、冬寒干燥等明显的大陆性季风气候特征。杨凌树木园位于杨凌区常青路与神农路十字西北角(图1),总占地面积59 630 m²,于2009年建成,2020年改造修葺。

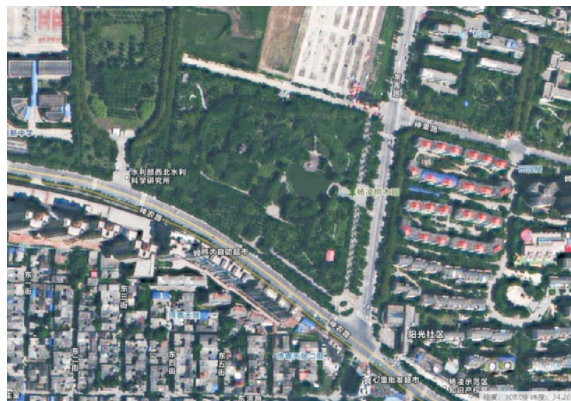


图1 杨凌树木园遥感影像

Fig.1 Yangling Arboretum remote sensing image

2.2 关中植物区系

杨凌树木园地处以关中植物区系为主要引种对象的地区。陕西关中地区南接秦岭,北临黄土高原,引种生长环境类似的华北植物地区和华中植物地区,包括黄土高原植物亚地区和秦岭植物亚地区两大核心区域,其中又涵盖了关中平原植物省、天水植物省、太白山植物省、华山植物省、宁陕植物省等^[6]。同时,园中引种了部分热带、亚热带和寒带植物。

2.3 杨凌树木园的植物多样性

杨凌树木园的植物选择以乡土植物为主体,兼顾观赏价值较高的外来植物。在植物多样性选择上考虑2个维度:一是植物观赏类型多样性;二是科属和品种的多样性,累计引种植物46科196属351种,植物种类在3种以上的达到32个科。

3 基于生物多样性展示的杨凌树木园景观规划

针对目前植物园规划中游憩功能与生物多样性展示难以协调的问题,杨凌树木园以植物景观规划和营造为总体目标,采用各类分区充分融合的规划

思路,以游览路径实现三类分区之间的串联。

3.1 分区规划

根据杨凌区气候土壤状况和植物专类园特点,园区植物分区规划遵循合理安排布局、科学规划植物的原则。为兼顾游憩功能和生物多样性展示功能,在分区中将植物栽植分区、专类园分区和游憩功能分区在位置上交叉布置,使其充分融合。

3.1.1 植物栽植分区 杨凌树木园共包含 9 个植物栽植分区,并按照其观赏季节、植物形态、经济价值和特点突出的植物科属等分区种植,在科普植物专类、营造生物多样性的基础上对景观进行规划(图 2)。

竹类园位于场地东北侧,二级道路穿插而过,步石小路与植物组团和竹类密林如刚竹(*Phyllostachys sulphurea*)和紫竹(*P. nigra*)等相融合。木犀园以中国十大名花之一的桂花(*Osmanthus fragrans*)为主调植物,引种的木犀科还包括丁香属如紫丁香(*Syringa oblata*)以及女贞属如金森女贞(*Ligustrum japonicum*)等。松柏园选择具有适应性强、耐寒耐旱等优良特性的针叶树,包括松柏杉三大亚科的植物。木兰园选用我国开发较早的优良园林绿化树种之一的木兰科植物,主要包括木兰属、含笑属和鹅掌楸属。豆科植物栽植区主要选取一些观赏价值较高的豆科植物,如云实亚科的云实(*Caesalpinia decapetala*)和紫荆(*Cercis chinensis*),含羞草亚科的合欢(*Albizia julibrissin*)以及蝶形花亚科的香花槐(*Robinia pseudoacacia*)等^[7]。

秋林观赏区位于树木园中部,着重表现季节性转变明显的秋叶树种如鸡爪槭(*Acer palmatum*)、火炬树(*Rhus typhina*)和枫香(*Liquidambar formosana*)等。调查研究表明,超过 80% 的游人表示对药用植物感兴趣,草药观赏区以人们对中草药、药用植物的兴趣为主,既注意药用植物的科普,也对药用植物景观配置,种植高大乔木如杜仲(*Eucommia ulmoides*),低矮灌木如金银木(*Lonicera maackii*),以及药用观赏植物如枣树(*Ziziphus jujuba*)、芍药(*Paeonia lactiflora*)、枇杷(*Eriobotrya japonica*)等相互搭配^[8]。水生植物栽植区以自然式的水体结合卵石驳岸,水中栽植水生植物如挺水植物荷花(*Nelumbo nucifera*),浮水植物睡莲(*Nymphaea tetragona*),沉水植物狐尾藻(*Myriophyllum verticillatum*)。水边种植亲水植物如枫杨(*Pterocarya stenoptera*)、乌桕(*Sapium sebiferum*)、怪柳(*Tamarix chinensis*)等。草本花卉观赏区包括观赏草大类和宿根花卉两大类,其中宿根花卉有玉簪(*Hosta plantaginea*)、银叶菊(*Jacobaea*

maritima)等,观赏草类植物有细叶芒(*Miscanthus sinensis*)、粉黛乱子草(*Muhlenbergia capillaris*)等。



图 2 植物栽植分区

Fig. 2 Plant planting zone map

3.1.2 专类园分区 为增加科普效果,树木园中设置植物专类园对北方地区生长良好的常见 5 类开花植物分区栽植,在展示品种多样性的同时营造突出的季节主题景观。海棠园突出展示海棠的花色、叶色、果实、枝干、树型,栽植的海棠包括“海棠四品”中的贴梗海棠(*Chaenomeles speciosa*)、木瓜海棠(*C. cathayensis*)、西府海棠(*Malus micromalus*)、垂丝海棠(*M. halliana*),并合理搭配其他常绿植物如桂花、女贞等^[9]。牡丹园是我国植物园中常见的专类园,能够彰显我国辉煌灿烂的牡丹文化底蕴,现栽植于牡丹园的主要品种有 8 个,主要为白雪塔(*Paeonia suffruticosa* ‘Andrews’)、矮牡丹(*P. suffruticosa* var. *spontanea*)等^[10]。月季园场地内按品种、颜色、形态特征分区种植,在扇形区域内形成有规律的色彩区块,主要品种有香水月季(*Rosa odorata*)、钻石月季(*R. chinensis minima*)等。梅园作为冬季和早春开花的植物以增添冬季的一抹风采,彰显其迎风傲骨、不畏严寒的高贵品质,栽植引种的梅品种有杏梅(*Rosa odorata*)、龙游梅(*Armeniaca mume*)等。桃园以我国本土植物桃树为主景植物,种植的观赏性桃主要有山桃(*A. davidiana*)、碧桃(*Amygdalus persica*)等。

3.1.3 游憩功能分区 老年活动区位于场地中相对空旷安静的西北角,硬质广场中央放置假山置石,外围设置座椅。在公园中为老年群体提供日常锻炼、休闲游憩的场所,将成为支撑健康中国建设的重要保证^[11]。区内多种植树形挺拔优美的大乔木如杨柳科植物,搭配藤本植物如扶芳藤(*Euonymus*

fortunei)等,满足老年人的活动观赏诉求。

儿童活动区设置于场地西侧,其设施从宏观和微观2个方面考虑。宏观层面考虑设施的材质和多样性,如沙石水土等,以激发儿童的创造力。微观层面而言,考虑设施的安全性、尺度、色彩及人文关怀^[12]。蔷薇科不仅在树种数量上较多,而且在不同花型、花色和花期分布上较为广泛,考虑到儿童对于色彩的感知和对新鲜事物的探索,将园内蔷薇科植物区置于此处,引种栽植观花植物有山楂(*Crataegus pinnatifida*)等^[13]。

文化娱乐区位于东门主入口处,在植物配置和设施布置上凸显关中地区的植物特色和地域文化。场地中布置植物主题的地雕,在丰富地面铺装的同时达到科普教育的目的,所选植物分别为6类:地衣、蕨类、菌类、苔藓、藻类和种子植物,12科:百合科、柏科、豆科、禾本科、菊科、木兰科、木犀科、槭树科、蔷薇科、忍冬科、松科、小檗科。

3.2 游览路径规划

科学合理的游览路线能让游客在花费较短的时间、路程代价下获得更佳的游览体验^[14]。在树木园中,一级园路和二级园路将主要的景观节点和植物种植区域串联起来形成环形圈状多层次景观带,也有利于生物多样性的展示(图3)。

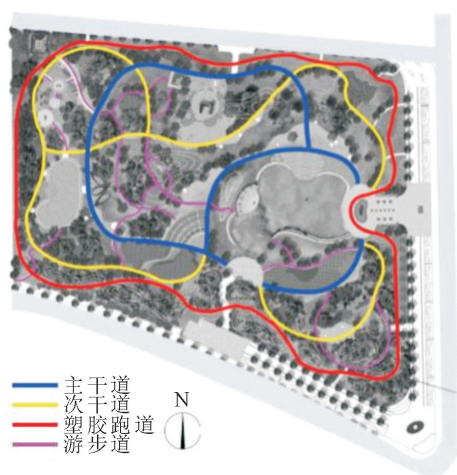


图3 游览路径规划

Fig. 3 Tour path planning map

3.3 生物多样性解说系统

目前,我国公众对植物园功能定位和形象认知仍然不足^[15]。为提高公众对于生物多样性的认知,园中对每一个栽植区和专类园设置一个标识牌,为综合区域内总科属进行整体介绍。对于园中的每种植物均制作展示牌,标明植物名称、拉丁名、科属和产地信息,公众可通过扫描展示牌上的二维码获取更详细的植物信息和图像(图4)。



图4 植物标识

Fig. 4 Plant logo

4 基于生物多样性提升的杨凌树木园植物景观设计

城市公园中展示生物多样性的营造要从生境多样性、物种多样性、视觉感受多样性3个方面入手^[16]。杨凌树木园以生境多样性为基础,依次营造植物多样性、群落多样性和景观多样性,进而形成丰富的植物空间和游憩活动场所^[17]。

4.1 生境多样性营造

生境多样性是植物多样性的基础,杨凌树木园营造旱生生境、水生生境、阴生生境等类型,为生物多样性的营造创造了丰富的条件^[18]。旱生生境通过地形抬升土地,使地形顶部地表径流减少,形成旱生环境。水生生境通过园中的水体营建而形成,水面的湿生生境为挺水、浮水和沉水植物创造生存条件;水岸为半湿生生境,为喜湿植物营造生境。阴生生境遍布全园,主要由高大的乔木遮荫而成,分为全阴生和半阴生生境。全阴生生境如栓皮栎(*Quercus variabilis*)、大花四照花(*Cornus florida*)营造的密林,其下种植喜阴的麦冬(*Ophiopogon japonicus*),半阴生生境如油松(*Pinus tabuliformis*)的林下空间,则种植阴生植物佛甲草(*Sedum lineare*)。

4.2 群落多样性设计

植物群落既是生物多样性的载体,又是城市公园发挥其生态作用的主体。研究表明,公园林地最大斑块指数的增加有利于提高鸟类物种数^[19-20],大面积的公园绿地能维持大量的昆虫与土壤动物^[21-22]。杨凌树木园充分利用植物多样性,通过多层结构的营造丰富植物群落。乔灌木结合不同高度空间,且从其观赏季节和生态习性综合考虑,营造四季有景可观,生态环境良好,生物多样的植物群落,在种植设计上高低错落,常绿与落叶搭配,再以彩色叶、春色叶、常色叶与秋色叶等点缀(表1)。

为了进一步评价杨凌树木园的生物多样性,选

取 16 个典型群落,分别计算其 Patrick 指数(R)、Margalef 指数(M)和 Simpson 指数(D)^[23-24]。结果显示,树木园典型群落物种数、个体总数丰富,且木本植物与草本植物种类相当,Patrick 指数介于 2~12,平均为 5,Margalef 指数介于 0.12~1.47,平均为 0.66;同时树木园群落的组成结构较为稳定,生物多样性水平较高,Simpson 指数介于 0.01~0.75,平均达 0.33(表 1)。

表 1 杨凌树木园中的典型群落类型

Table 1 Typical community types in the arboretum

| 群落类型 | 序号 | 乔木种类 | 灌木种类 | 地被种类 | R | M | D |
|------------|----|------------------|-----------------|-----------------------|-----|------|------|
| 乔木+灌木+草本群落 | 1 | 朴树、油松、桧柏、侧柏、法国冬青 | 铺地柏 | 麦冬 | 7 | 0.61 | 0.06 |
| | 2 | 水杉、鸡爪槭、金镶玉竹 | 羽毛枫、火焰南天竹、无刺枸骨 | 红叶酢浆草、马蔺、玉龙草、紫叶酢浆草、矾根 | 12 | 1.47 | 0.75 |
| | 3 | 栎树、榉树、水杉 | 紫荆、木槿、石楠球、海桐 | 红王子锦带 | 8 | 1.30 | 0.08 |
| | 4 | 茶条槭、鸡爪槭 | 羽毛枫、紫荆、十大功劳 | 细叶麦冬 | 6 | 0.54 | 0.01 |
| | 5 | 枫香 | 红瑞木、豆瓣黄杨 | 山桃草、美人樱、细叶芒 | 7 | 0.75 | 0.38 |
| 乔木+草本群落 | 6 | 白玉兰、马褂木 | | 鸢尾 | 3 | 0.25 | 0.01 |
| | 7 | 油松、日本香柏 | | 佛甲草 | 3 | 0.23 | 0.01 |
| | 8 | 榆树、雪松 | | 细叶麦冬 | 3 | 0.17 | 0.01 |
| | 9 | 栓皮栎、四照花 | | 亮叶忍冬 | 3 | 0.18 | 0.01 |
| 乔木+灌木群落 | 10 | 新疆杨、毛白杨、雪松 | 火焰南天竹、红继木、石楠 | | 6 | 0.78 | 0.52 |
| | 11 | | 火焰南天竹、无刺枸骨 | 地被菊、八宝景天 | 4 | 0.38 | 0.64 |
| 乔木群落 | 12 | 枫杨、湖北紫荆、银芽柳 | | | 3 | 0.95 | 0.66 |
| | 13 | 榉树、广玉兰、白桦 | | | 3 | 0.87 | 0.66 |
| 灌木群落 | 14 | | 金银木、山茱萸、刚毛忍冬、刚竹 | | 4 | 1.25 | 0.68 |
| 草本群落 | 15 | | | 银叶菊、山桃草、美女樱、欧石竹 | 4 | 0.65 | 0.60 |
| | 16 | | | 佛甲草、矾根 | 2 | 0.12 | 0.22 |

4.3.2 密林景观 基于对场地周边环境、使用人群和植物园种植需要的分析,园中营造密林空间。将园中的高大乔木、竹类等集中栽植,形成乔木林和竹林等密林景观,布置于临近道路、静养休憩空间等位置,发挥出分割空间、降低噪声、创造荫蔽环境等功能。

4.3.3 阳光草地 与密林空间相对应,园中多处散布阳光草坪,创造开敞空间。草坪与周围的水体、广场等临近布置,共同形成开阔的视觉体验;与密林、疏林等临近布置,形成疏密有致的空间对比。园中多种植冷季型草坪草如高羊茅(*Festuca elata*)和早熟禾(*Poa annua*)等,暖季型草坪草为狗牙根属的百慕大品种。

4.3 景观多样性设计

4.3.1 湖岸景观 水生植物兼具景观与生态功能。在景观功能方面,水生植物姿态优美,植物本体以及水面倒影能够丰富整个水景的结构和色彩;生态功能方面,水生植物能够涵养水源、调节小气候、降低环境噪声^[25]。杨凌树木园将睡莲、再力花(*Thalia dealbata*)等水生植物种植在湖岸和水上栈道的两侧,使景观丰富度进一步得到提升(图 5—图 6)。

4.3.4 草本花境 花境通过运用艺术的手法既表现了植物形态、色彩、季相的个体之美,也体现出自然组合群体美^[26]。在树木园东侧一级道路路边设置多年生草本花境,搭配矾根(*Heuchera micrantha*)、欧石竹(*Carthusian pink*)、银叶菊、美女樱等植物;在老年人活动区布置观赏草花境,搭配矮蒲苇(*Cortaderia selloana*)和细叶芒(*Miscanthus sinensis*)、粉黛乱子草等。

4.4 动物多样性的招引设计

动物多样性是生物多样性的重要组成部分,城市中常见的动物包括无脊椎动物、鸟类和小型哺乳动物等,不仅可以使城市景观更富灵性,而且能够促进城市生态系统的完整性。相对于外来引种植物,

乡土植物作为食物、栖息地,还是作为营巢地,都更容易被鸟类所接受,乡土植物的果实成熟期也往往与鸟类迁徙期相近。树木园中种植了珍珠梅(*Sorbaria sorbifolia*)、紫穗槐(*Amorpha fruticosa*)、胡枝子(*Lespedeza bicolor*)等28种鸟嗜植物,通过植物景观的营造间接吸引动物,如今树木园已成为众多鸟类的栖息地。



图5 湖岸景观(一)

Fig. 5 Lakeshore landscape(One)



图6 湖岸景观(二)

Fig. 6 Lakeshore landscape(Two)

5 结论与展望

杨凌树木园在2009年初建之后,经过了10余年的使用。2020年,针对树木园在生物多样性展示和游憩功能中暴露出的问题进行了提升改造设计。目前,杨凌树木园累计栽植植物351种,不仅是生物多样性保护展示的重要场所,更是市民休闲游憩的好去处。实践证明,生物多样性的展示和游憩功能在城市公园的营造中并非矛盾,二者可以相辅相成,相得益彰。城市公园可以充分利用生物多样性营造丰富的景观,并在景观多样性的框架中展示植物的景观、群落多样性,保持景观性和生态性长效稳定。同时,杨凌树木园在城市生活中营造了一个亲近自然、提高城市生活质量的空间,既能提高居民幸福感,又能提升社会效益,为科学普及、文化教育、娱乐交往提供了一个重要场所。

在未来,生物多样性营造仍将是城市植物园和公园生态建设的重点。杨凌树木园通过实践,探索出一条生物多样性展示与游憩功能融合的现代城市公园规划设计新路径,其以植物园功能分区和树木园融合的分區规划思路,和以生境多样性为条件,以

植物多样性为基础营造群落多样性、景观多样性和动物多样性的设计思路,将对我国城市公园的营造提供示范作用。

参考文献:

- [1] JAMES P. The importance of biodiversity in cities and ecosystem services[J]. Conferencia Biodiversidade em Ambiente Urbano, 23rd November 2011.
- [2] 王秉洛. 城市绿地系统生物多样性保护的特点和任务[J]. 中国园林, 1998, 14(1): 4-7.
- [3] 干靛, 吴志强. 城市生物多样性规划研究进展评述与对策[J]. 规划师, 2018(1): 87-91.
GAN L, WU Z Q. Urban biodiversity planning review and strategy[J]. Planners, 2018(1): 87-91. (in Chinese)
- [4] 黄宏文. “艺术的外貌、科学的内涵、使命的担当”——植物园500年来的科研与社会功能变迁(二): 科学的内涵[J]. 生物多样性, 2018, 26(3): 304-314.
HUANG H W. “Science, art and responsibility”: the scientific and social function changes of a 500-year history of botanical gardens II [J]. Biodiversity of Science, 2018, 26(3): 304-314. (in Chinese)
- [5] 焦阳, 邵云云, 廖景平, 等. 中国植物园现状及未来发展策略[J]. 中国科学院院刊, 2019, 34(12): 1351-1358.
JIAO Y, SHAO Y Y, LIAO J P, et al. Status and future strategies of Chinese botanical gardens[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2019, 34(12): 1351-1358. (in Chinese)
- [6] 张秦伟. 秦岭种子植物区系分区研究[J]. 武汉植物学研究, 2002(1): 21-32.
ZHANG Q W. A study on floristic regionalization in Qinling Mt[J]. Plant Science Journal, 2002(1): 21-32. (in Chinese)
- [7] 陈俊愉, 程绪珂. 中国花经[M]. 上海: 上海文化出版社, 1990: 186-191.
- [8] 赵书笛, 李素英. 新型药用植物园规划设计探析[J]. 中国园林, 2015, 31(9): 90-94.
ZHAO S D, LI S Y. Study on new medicinal botanical garden planning and design [J]. Chinese Landscape Architecture, 2015, 31(9): 90-94. (in Chinese)
- [9] 杨润溪, 李厚华. 海棠的园林价值分析[J]. 西北林学院学报, 2017, 32(3): 289-294.
YANG R X, LI H H. Landscape value analysis of crabapple[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2017, 32(3): 289-294. (in Chinese)
- [10] 孟欣慧. 牡丹文化及其园林应用[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(13): 7878-78803.
MENG X H. Peony culture and peony landscape application [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011, 39(13): 7878-78803. (in Chinese)
- [11] 高梦晗, 谷康, 孙钰昂. 健康中国视角下公园适老性研究——以南京白鹭洲公园为例[J]. 园林, 2020(2): 68-75.
GAO M H, GU K, SUN Y A. A Study on age-suitability in parks from the perspective of healthy China—take Bailuzhou park in Nanjing as an example[J]. Landscape Architecture, 2020(2): 68-75. (in Chinese)
- [12] 毛华松, 詹燕. 关注城市公共场所中的儿童活动空间[J]. 中国

- 园林,2005(9):14-17.
- MAO H S,ZHAN Y. Attention needed for children activity space in city public place[J]. Chinese Landscape Architecture,2005(9):14-17. (in Chinese)
- [13] 徐勇,李仓拴,谢小洋,等. 陕西关中主要城市观花树种花的观赏性状分析[J]. 西北林学院学报,2016,31(3):269-274.
- XU Y,LI C S,XIE X Y,*et al.* Flower ornamental characters of the flowering tree species in the major cities in central Shaanxi[J]. Journal of Northwest Forestry University,2016,31(3):269-274. (in Chinese)
- [14] 王艳,印国成,孙茂圣. 最佳游览路线生成方案的设计与实现[J]. 物联网技术,2015,5,58(12):87-89.
- [15] 严海,陈进,贺赫. 公众对植物园功能定位和形象认知的初步调查[J]. 生物多样性,2010,18(5):516-522.
- YAN H,CHEN J,HE H. Preliminary investigation on function recognition and image perception in public upon botanical gardens[J]. Biodiversity Science,2010,18(5):516-522. (in Chinese)
- [16] 韩丽莹,王云才. 服务于城市花园景观的生物多样性设计[J]. 风景园林,2014,21(1):53-58.
- HAN L Y,WANG Y C. The biodiversity design for urban garden landscape[J]. Landscape Architecture,2014,21(1):53-58. (in Chinese)
- [17] 李仓拴,刘晖,杨伊婷,等. 西北干旱城市破碎化绿地生境的植物群落设计途径研究[J]. 风景园林,2019,26(2):88-93.
- LI C S,LIU H,YANG Y T,*et al.* Plant community design approaches for fragmented green space habitats in northwest China arid cities[J]. Landscape Architecture,2019,26(2):88-93. (in Chinese)
- [18] 胡涛. 西安城市两类生境花园的设计与实践研究[D]. 西安:西安建筑科技大学,2015.
- [19] CANEDOLI C,MANENTI R,PADOA-SCHIOPPA E. Birds biodiversity in urban and periurban forests:environmental determinants at local and landscape scales[J]. Urban Ecosystems,2018,21(4):779-793.
- [20] 谢世林,逯非,曹垒,等. 北京城区公园景观格局对夏季鸟类群落的影响[J]. 景观设计学,2016,4(3):10-21.
- XIE S L,LU F,CAO L,*et al.* The effect of landscape patterns on avian communities during summer months in Beijing's urban parks[J]. Landscape Architecture Frontiers,2016,4(3):10-21. (in Chinese)
- [21] HUANG Y,ZHAO Y,LI S,*et al.* The effects of habitat area, vegetation structure and insect richness on breeding bird populations in Beijing urban parks[J]. Urban Forestry & Urban Greening,2015,14(4):1027-1039.
- [22] MILANO V,MAISTO G,BALDANTONI D,*et al.* The effect of urban park landscapes on soil collembola diversity:a mediterranean case study[J]. Landscape and Urban Planning,2018,180:135-147.
- [23] 欧文慧,汪爱玲,王建凯,等. 湖北远安县湿地植物多样性及群落数量特征研究[J]. 湖北林业科技,2021,50(5):48-55.
- OU W H,WANG A L,WANG J K,*et al.* Flora and community diversity of wetland plant in Yuan'an, Hubei Province[J]. Hubei Forestry Science and Technology,2021,50(5):48-55. (in Chinese)
- [24] 周荣飞,吴友贵,叶珍林,等. 百山祖保护区低山常绿阔叶林的群落特征和 α 多样性[J]. 西北林学院学报,2014,29(3):62-66.
- ZHOU R F,WU Y G,YE Z L,*et al.* Community characteristics and species diversity of low-mountain evergreen broad-leaved forest in Baishanzu national nature reserve[J]. Journal of Northwest Forestry University,2014,29(3):62-66. (in Chinese)
- [25] 任启飞,龙成昌,周庆,等. 浅析园林水景中水生植物的生态配置[J]. 现代园艺,2018(18):129.
- [26] 张扬,许文超,史洁婷,等. 园林花境的设计要点与植物材料的选择[J]. 生态经济,2015,31(3):191-195.
- ZHANG Y,XU W C,SHI J T,*et al.* The designing approach and selection of the plants in bloom scenery[J]. Ecological Economy,2015,31(3):191-195. (in Chinese)

(上接第 180 页)

- [10] 张成才,姜洋,李颖,等. 基于像元二分模型的伏牛山地区植被覆盖度变化[J]. 水土保持研究,2020,27(3):301-307.
- [11] 刘立文,徐立帅,段永红,等. 晋城市植被覆盖时空变化与地形效应耦合[J]. 测绘与空间地理信息,2021,44(8):1-6,11.
- [12] 陈学兄. 基于遥感与 GIS 的中国水土流失定量评价[D]. 陕西杨陵:西北农林科技大学,2013.
- [13] 王思琪. 基于 Landsat 和 MODIS NDVI 时序数据的黄河源植被覆盖度提取和变化分析[D]. 北京:中国地质大学,2020.
- [14] 崔珍珍,马超,陈登魁. 1982—2015 年科尔沁沙地植被时空变化及气候响应[J]. 干旱区研究,2021,38(2):536-544.
- CUI Z Z,MA C,CHEN D K. Spatiotemporal variation of vegetation in the Horqin sandy land and its response to climate change from 1982—2015[J]. Arid Zone Research,2021,38(2):536-544. (in Chinese)
- [15] 罗楠,胡金龙,王影雪. 典型旅游区景观格局演变研究——以广西阳朔县为例[J]. 西北林学院学报,2020,35(3):250-257.
- LUO N,HU J L,WANG Y X. Landscape pattern evolution of typical tourism area:a case study of Yangshuo of Guangxi[J]. Journal of Northwest Forestry University,2020,35(3):250-257. (in Chinese)
- [16] 全志杰,褚泓阳,黄林,等. 杨陵农科城景观空间格局动态变迁的遥感研究[J]. 西北林学院学报,1997(3):77-82.