上海北外滩滨江绿地更新中的生物多样性保护路径研究

A Methodological Study on the Protection of the Biodiversity in the Renewal of the Riverside Green Space in the North Bund, Shanghai

虞金龙　樊士颖　张雳龑
YU Jinlong FAN Shiying ZHANG Liyan

（上海北斗星景观设计工程有限公司，上海 200050）
(Troines Landscape Design Engineering Co. Ltd, Shanghai, China, 200050)

文章编号：1000-0283(2022)10-0126-08
DOI：10. 12193 / j. laing. 2022. 10. 0126. 016
中图分类号：TU986
文献标志码：A
收稿日期：2022-07-10
修回日期：2022-08-19

摘　要

城市更新是城市化进程中社会化需求的体现，当下中国的城市更新已从大拆大建过渡到了存量更新的时代，而城市绿地更新对城市功能完善、生态修复都有着重要的意义。以上海北外滩滨江绿地为例，以绿地现状植物与场地类型为基础，探索与实践城市绿地更新中的生物多样性保护路径。从植物多样性出发，通过调整绿地的林相结构、地形地貌，丰富植物品种来形成能调节小气候的多元生境，为动物提供多样的食物与栖息地，吸引它们在此繁衍生活。动物与植物的生命周律又同样影响着土壤微生物群落的构建。通过城市绿地的更新建设，构建更广阔的生态网络体系，为人类与自然的互动找到融界路径。

关键词

城市更新；绿地；生境；生物多样性；多样性花园；生态网络体系

Abstract

Urban renewal reflects the societal needs as urbanization proceeds. Currently, urban renewal in China has outlived the massive destruction and construction age and has transitioned into a time of total renewal. The revival of urban green space plays a vital role in improving urban function and ecological repairment. The study takes the riverside green space in the North Bund, Shanghai, as an example, based on the existing plants and loci. It is to explore and put into practice the solutions to the renewal of the urban green space. Guided by the diversity of plants, it also creates a locality were modifying the climate is possible by rationalizing the arboreal formation and the landform and enriching the variety of plants. The measures above should provide diverse foods and habitats to achieve their inhabitation. And the life patterns of animals and plants contribute to the growth of the microbial community in the soil. As the renewal of urban green space goes wide and deep, it is hopeful that a more extensive eco-network system could be constructed so that a method could be found as regards the interactional concord of both man and nature.

Keywords

urban renewal; green space; habitat; biodiversity; diversity garden; eco-network system

虞金龙
1963年生／男／浙江绍兴人／高级工程师／总设计师／研究方向为园林设计、园林工艺、园林文化

樊士颖
1981年生／女／河南郑州人／高级工程师／设计师／研究方向为园林设计、园林工艺、园林文化

张雳龑
1980年生／男／上海人／工程师／项目经理／研究方向为园林设计、园林工艺、园林文化

城市绿地作为城市中的唯一近自然生态空间，对于维持碳平衡、生物多样性、提升生态系统服务等方面具有重要作用[1-2]。但城市中的部分绿地因建设久远，已经不能完全满足城市发展和市民需求，需要通过城市绿地更新，在原有绿地基础上进行功能提升与生态保护、修复。城市绿地更新中的生物多样性保护主要是指通过城市绿地的更新，提升绿地中植物、动物与微生物的丰富程度。其主要通过以下几点来实现：通过植物设计营造和修复多种生境[3]；提供植物物种丰富度的合理配置，形成稳定的植物群落结构；植物选择应尽量选用乡土树种，或者适量选用抗逆性强、适应城市特殊

图1 植物品种单一
Fig. 1 Shrub ground cover missing

图2 林下常绿、球类植物较多
Fig. 2 Many evergreen plants under the forest

环境、观赏性强的外来树种；注重食源、蜜源植物的选用，为城市动物提供食物来源[4]。除此之外，还需加强城市生物多样性的动态监测，通过对重点保护物种、指示物种、生态环境因子等的监测，及时制定和完善管理措施[5]。对于一些具有重要生物多样性功能的城市绿地，还可以探索绿地的轮休制度，以利于生物多样性的恢复[6]。城市生物多样性保护是一个涉及多方面全方位的议题，除了生态方面的修复之外，还有政策引导与法规建设，本文涉及范畴仅仅是从生态与人文角度出发的城市生物多样性保护路径。

国内现有对生物多样性的研究主要聚焦在新建城市绿地的生物多样性保护路径方面，对于城市绿地更新中的生物多样性保护关注度较少，而随着城市大规模建设的完成，城市绿地建设也由新建过渡为绿地改建与更新。在有限的城市绿地更新研究中，大多以提升绿地的功能性、视觉观赏性为主，缺乏从保护生物多样性角度出发，对现状植物及其场地条件的研究与调查，因地造景、因势造景，最终造成绿地生物多样性缺失，从而进一步影响环境的可持续发展。

基于以上对城市绿地更新、生物多样性的认识与分析，本研究在上海北外滩滨江绿地进行了生物多样性保护路径设计与实践。探索通过城市绿地更新，在保留原有大量植被基础上，加入乡土植物与适应性植物；对现有绿地的植物生活环境分析，根据不同的环境营造植物生长的最佳状态，创造出动物和微生物的多样化生存环境，从而带动滨江绿地生物多样性的提升，激活场地生物成长力；通过创新的植物园艺配置，扩展出艺术多样性、生活场景多样性，让城市空间与绿地花园美学的社会功能复合与叠加，进而建立与推动人与城市、与绿地的互动联系。

1 北外滩滨江绿地更新背景

1.1 项目概况

城市以河而生，文明因河而兴。沿着上海黄浦江两岸，杨浦滨江绿地、浦东滨江绿地、黄浦滨江绿地已基本建设完成，形成一条上海城市滨江绿地生态与人文脉络。北外滩滨江绿地坐落在黄浦江滨江绿地的虹口区段，总占地面积约76 000 m^2，面水朝阳，西接外滩万国建筑群、南接对岸陆家嘴金融中心，与百年外滩、陆家嘴共同构成“黄金三角”。北外滩滨江绿地不仅是一个可以展现城市生物多样性的绿地，也是上海重要的市民交流和生活花园的场所。

北外滩滨江绿地于2012年建设竣工，早期建设主要围绕着提高城市绿化率、增加市民活动场所两点进行，而随着时间的推移与生态景观观念的提升，2021年此绿地更新重点聚焦在了绿地的功能性与生态性。北外滩滨江绿地设计观念上的改变是国内绿地建设要求改变的缩影，以其为案例进行研究，可为其他绿地更新及生物多样性保护提供宝贵经验。

1.2 场地现状

场地原有乔木41种，灌木13种，地被11种。现状植物品种较为单一，特别是灌木与地被；以常绿植物为主，缺少季相变化（图1）；部分区域土壤裸露，只有大乔木，缺少下层灌木、地被等；部分密林区，香樟（*Cinnamomum camphora*）等乔木长势良好，而乔木下层种植非耐阴植物，导致灌木与地被等长势不佳，种植特色不明显（图2）。

图3 绿地平面分区图
Fig. 3 Green space plan zoning map

项目地在改造前因植物品种较为单一，只能吸引一些上海常见的鸟类，如麻雀、喜鹊等。同时因为现场蜜源与开花类植物较少，所以也少见蜜蜂、蝴蝶等食蜜动物。

2 北外滩滨江绿地生物多样性保护路径

2.1 提升植物多样性

为了保证绿地生态系统的完整性与连续性，本项目对大部分现状乔木予以保留，对长势不佳或者有病虫害的乔木进行替换；因灌木与地被种植手法单一，导致有些长势不佳，所以大部分予以移除。设计前测量了不同区域的光照强度，基于此数据对一些空间进行了地形与植物配置的重构，并将场地划分成6个不同植物生境区域（图3）：入口花境花园、种子花园（岩石）、滨水花园、半阴生花园（杜鹃）、阴生花园（苔藓与蕨类）、艺术草坪花园。

植物配置上摒弃同质化，以营造乡土与地带性植物特色群落为目标，采用近自然的配置方式与乔灌草的复层合理搭配，注重群落结构质量，提高植物群落在垂直空间与横向空间上的异质性，增加绿地个性特色的生物多样性，改善生态系统服务[7]。乡土植物对于本地环境适应性强，易种、易活，养护成本低，以乡土植物为主体的植物景观营造不仅可以保护当地的自然环境，形成富有乡土特色的在地性植物景观，还可保证植物生态系统的稳定，有利于园林种子库的完善与丰富[8]。因此在北外滩滨江绿地中，新增乡土植物占了新增植物品种的25%左右。除乡土植物外，根据6个不同生境区域的植物生长环境，适当选择抗逆性强、观赏性强、适合在上海生长的植物品种，形成兼具生态美与园艺美的植物群落景观，增加植物多样性的同时，形成城市绿地生态网络的系统性、多样性与美观性，带动北外滩滨江绿地对专业人群与市民的吸引力，创造城市中人与自然联系互动的路线。

2.1.1 入口花境花园

北外滩滨江绿地入口在改造前只有一些单调的常绿乔木，缺少下层灌木地被与通向水岸的路径，因现场乔木不多，所以整体区域光照强度较大。根据入口广场的迎宾展示及其大量公共观光游客聚集进入的基本需求，保留现场原有常绿乔木香樟、桂花（*Osmanthus fragrans*）、红叶石楠（*Photinia serrulata*）及落叶乔木栾树（*Koelreuteria paniculata*），增加喜阳植物，形成多面环抱林缘长效混合花境，烘托迎宾广场四季迎接八方宾朋的氛围。强调植物品种多样性下的四季之美，最终形成植物层次多样、色彩丰富、品种繁多的入口花园景观。

以林缘混合种植花境形式，赋予场地植物竖向与前后空间的变化，展现植物生命周期轮转。植物选择以花灌木及地被为主，烘托气氛：乔木选择以开花色叶植物为主，增加日本早樱（*Prunus*×*subhirtella*）、鸡爪槭（*Acer palmatum*）、红枫（*A. palmatum* 'Atropurpureum'）与背景竹林，形成春花秋色的景观；灌木选择色彩丰富的植物品种；花境植物中，增加长效低维护品种，尽量多选择乡土植物，同时增加食源和蜜源类植物，提升动物多样性（图4）。

2.1.2 种子花园（岩石）

种子花园（岩石）位于北外滩绿地浦江两岸极佳的观景位置，在改造前有一个地下车库电梯出口，周围栽植修剪整齐的红叶石楠、瓜子黄杨（*Buxus sinica*）、大叶黄杨（*B. megistophylla*）等灌木。将有碍观瞻的电梯井通过艺术创作设计成镜面不锈钢的种子雕塑，这是本项目结合生物多样性的艺术转译

图4 改造后入口花境花园
Fig. 4 Transformed entrance flower border garden

思考——种子是生命的起源，所有的多样性都是从一颗小小的种子开始，植物与动物、微生物共同形成多元的生物多样性系统。雕塑既保留了场所原有的设备功能，又体现了公共艺术与场所花园的融合。

电梯井周边通风较好，阳光充沛，项目建成与种子呼应的花园，选择适宜岩生的灌木、多年生宿根花卉、地被植物及观赏草搭配种植，模拟建成在地融合的岩石滩涂生物多样性“种子花园”，以在地花园文化表达上海生生不息的城市精神。植物品种选择在上海地区长势良好的鼠尾草（*Salvia japonica*）、马鞭草（*Verbena officinalis*）、小丑火棘（*Pyracantha fortuneana* ‘Harlequin’）、朱蕉（*Cordyline fruticosa*）、云杉（*Picea asperata*）、铺地柏（*Sabina procumbens*）、红千层（*Callistemon rigidus*），加入特色岩生多肉植物凤尾兰（*Yucca gloriosa*）等，融入开花的美女樱（*Glandularia*×*hybrida*）、紫娇花（*Tulbaghia violacea*）、欧石竹（*Carthusian pink*）等植物，以岩生植物为本底，通过丰富的活动空间形成人与自然的美妙融合（图5）。

2.1.3 滨水花园

滨水花园由滨水防汛道绿地与滨江码头花园组成。（1）滨水防汛道绿地通过种植观赏草来模拟自然湿地景观。观赏草具有种类繁多、叶形多样、株形雅致、病虫害少、养护管理粗放、适应性强等特点，其种植优势较为明显，是优秀的新型花境营造材料。项目保留上层乔木，增加高度不同的观赏草，如狼尾草（*Pennisetum alopecuroides*）、紫穗狼尾草（*P. orientale* ‘purple’）、晨光芒（*Miscanthus sinensis* ‘Morning Light’）、斑叶芒（*M. sinensis* ‘Zebrinus’）等，而小型的画眉草（*Eragrostis pilosa*）、细叶芒（*M. sinensis*）、糖蜜草（*Melinis minutiflora*）、蓝冰麦（*Leymus arenarius* ‘Blue Dune’）、小盼草（*Chasmanthium latifolium*）等作为对比配置，开花的松果菊（*Echinacea purpurea*）、林荫鼠尾草（*S. nemorosa*）、千鸟花（*Gaura lindheimeri*）、花叶玉蝉（*Iris ensata*）、柳叶马鞭草（*Verbena bonariensis*）、金鸡菊（*Coreopsis basalis*）、香彩雀（*Angelonia angustifolia*）、欧石竹、墨西哥鼠尾草（*S. leucantha*）、迷迭香（*Rosmarinus officinalis*）等组合种植其中，吸引鸟类、蝶类动物。该设计实现了动态生长的“春生、夏发、秋花、冬态”四季意境效果，是低造价、低维护且与主题意境相吻合的长效花境。（2）滨江码头因港口码头区域没有覆土，不具备亲水的绿地环境，故通过种植花箱的形式营造河岸景观。一组花箱由若干个叶片小花箱“拗造型”，再搭配可交融的水浪律动坐凳，营造动态性生物景观，改变原本生硬的生产码头空间，吸引了人群的聚集与观光，形成滨江绿地美妙生活与社交花园场景（图6）。

2.1.4 半阴生花园（杜鹃）

改造前为一片密闭香樟林，下面种植整齐修剪的红叶石楠和地被麦冬（*Ophiopogon japonicus*），植物品种单一。现状香樟种植多

图5 改造后的种子花园
Fig. 5 Transformed seed garden

图6　改造后的滨水花园
Fig. 6　Transformed waterfront garden

图7　改造后的半阴生花园
Fig. 7　Transformedhalf shade garden

图8　改造后的艺术草坪花园
Fig. 8　Transformed art lawn garden

年，长势良好，但香樟林下面的光照不足，故设计时保留香樟，选用耐阴的灌木地被，保证新的植物适应此处生长环境。引入山杜鹃（*Rhododendron simsii*）、安酷杜鹃（*Azalea hybrid*）‘粉丝带’‘康乃馨’‘红皇冠’‘紫水晶’‘云隙阳光’等杜鹃品种，打造上海独有的黄浦江边森林杜鹃园。

此外，种植乔木红枫、鸡爪槭、黄金枫（*A. platanoides* ‘Princeton Gold’）、羽毛枫（*A. palmatum*），灌木南天竹（*Nandina domestica*）、亮晶女贞（*Ligustrum quihoui*）、银姬小蜡（*L. sinense*）、瓜子黄杨，地被草本百子莲（*Agapanthus africanus*）、八仙花（*Hydrangea macrophylla*）、白发藓（*Leucobryum glaucum*）、波士顿蕨（*Nephrolepis exaltata*）、大灰藓（*Hypnum plumaeforme*）、大吴风草（*Farfugium japonicum*）、矾根（*Heuchera micrantha*）、扶芳藤（*Euonymus fortunei*）、过路黄（*Lysimachia christiniae*）、红盖鳞毛蕨（*Dryopteris erythrosora*）、虎耳草（*Saxifraga stolonifera*）、花叶薜荔（*Ficus pumila*）、花叶美人蕉（*Canna glauca*）、花叶山菅兰（*Dianella caerulea*）、花叶玉簪（*Hosta undulata*）、常绿玉簪（*H. plantaginea*）、玉蝉花（*I. ensata*）、火炬花（*Kniphofia uvaria*）、金丝苔草（*Carex oshimensis*）、金叶佛甲草（*Sedum lineare*）、金叶石菖蒲（*Acorus gramineus*）、姬岩垂草（*Phyla canescens*）、山麦冬、兰花三七（*Liriope zhejiangensis*）、络石（*Trachelospermum asiaticum*）、长叶肾蕨（*Nephrolepis biserrata*）、肾蕨（*N. cordifolia*）、画蕨（*Athyrium niponicum*）、冬青蕨（*Arachniodes simplicior*）、凤尾蕨（*Pteris cretica*）、狼尾蕨（*Davallia trichomanoides*）、鸟巢蕨（*Asplenium nidus*）、针毛蕨（*Macrothelypteris oligophlebia*）、千叶兰（*Muehlenbeckia complexa*）、金边阔叶麦冬（*Ophiopogon japonicus*）、鸭跖草（*Commelina communis*）、沿阶草（*O. bodinieri*），形成植物层次丰富且具有特定观赏性的林下景观空间（图7）。

2.1.5 艺术草坪花园

艺术草坪花园正中央原有三个通风口，它们对整体景观视觉和安全都有一定的影响。设计从植物露水的水滴与上海三点水偏旁获取灵感，通过水滴雕塑的形式将通风口包裹起来（图8）。此处位于整个北外滩滨江绿地的中心位置，阳光充沛。原有大树桂花与香樟为常绿乔木，缺少色彩与层次变化。改造移除有病虫害、长势不佳的乔木，保留草坪，以便市民活动所需。引入开花色叶植物和喜阳植物，如日本早樱、鸡爪

槭、红枫、向日葵（*Helianthus annuus*）、超级凤仙（*Impatiens balsamina*）、紫叶千鸟花（*Gaura lindheimeri* 'CRIMSon Bunny'）、五色梅（*Lantana camara*）、松果菊、彩叶草（*Coleus scutellarioides*）等。同时重点在水滴雕塑附近增加花境，通过雕塑的镜面折射，在视觉上双倍呈现花境自然之美和生物多样性。

图9 改造后的阴生花园
Fig. 9 Transformed shade garden

2.1.6 阴生花园（蕨类与苔藓）

蕨类及苔藓植物是地球上历史最为悠久的陆生植物，种类繁多，遍布世界各地。苔藓植物是生物从水生到陆地生活过渡类型的代表[9]，作为最早登陆的高等植物，对环境、气候变化较为敏感[10]，是世界公认的环境监测指标性植物。虽然上海现在的气候条件与远古时期有所不同，但是蕨类与苔藓植物的生长主要是对湿度与阳光照射度有一定要求，所以选择合适的场地条件，通过人为手段改善场地环境，在满足植物可持续生长的条件下，为蕨类与苔藓类植物营造满足生长需求的小气候。

改造前的阴生花园中，香樟是顶层植物，下层主要为八角金盘（*Fatsia japonica*）等耐阴植物。据调查，目前城市中至少有1/4的植物因为建筑物、高大树木等遮挡而处于遮阴环境中[11-12]，而光是植物生长必不可少的条件[13]。设计保留香樟上层，更改林下植物层，选择耐阴蕨类与苔藓植物进行配置，以鸟巢蕨、肾蕨、长叶肾蕨、冬青蕨、凤尾蕨、波士顿蕨、花叶玉簪、常绿玉簪、金线蒲等为下层与边缘植物，以白发藓、大灰藓、山麦冬、千叶兰等为底层植物，组合形成林下稳定的多样性阴生植物花境结构，实现阴生环境中植物的长效与低维护管理（图9）。同时，在阴生花园中设计一条养护与游园相结合林下小径，以提升绿地的可达性并方便市民的游园体验。为了减少道路对生物多样性的影响，将路幅控制在1.2 m以下，人为地控制游客数量，铺设水洗石生态透水路面以降低对生境的破坏。为满足植物在自然空间中的成长，同时模仿自然界的生态环境，改善土壤结构与地形，加入科技的喷雾系统，增加空气湿度，让半阴与喜阴的林下植物在适宜的环境中成长。经湿度仪器测量，喷雾前湿度50% ~ 52%，喷雾后增加到69%，更加有利于阴生植物的生长。

2.2 增加动物多样性

随着绿地植物多样性的形成，自然而然会形成动物的多样性。大量研究表明鸟类群落受益于更大的种植比例和植被多样性，不同类型或结构的植被群落会吸引不同的鸟类活动[11]。同时在种植植物的过程中，可以多倾向选择蜜源与食源类植物，为动物提供食物与养分。在北外滩滨江绿地项目中，种植了八仙花、火炬花、山杜鹃等48种蜜源类植物，日本早樱、小丑火棘、无刺枸骨（*Ilex cornuta*）、金边胡颓（*Elaeagnus macrophylla*）、杨梅（*Myrica rubra*）、枇杷（*Eriobotrya japonica*）等21种食源植物。

2.2.1 鸟类

选取阴生花园与滨水花园作为调查样地，于2021年3月对绿地改造前鸟类的数量与种类进行调查，时间选择在晴朗无云的早上7:00-10:00，每周进行1次，一共进行4次。调查采用样线法进行，使用8 ~ 10倍的双筒望远镜。调查发现改造前绿地主要的鸟类为麻雀、喜鹊、白头翁等。2021年6月，绿地建设完工。2022年3月，对绿地改造后的鸟类数量与种类进行调查，每周调查1次，一共进行4次。调查发现，蜜源与浆果类植物为鸟类提供了可靠的食物来源；丰富多样的植物层次，如不同植物的树冠、枝干所形成的空间给予不同体型的鸟类隐蔽空间[14]。改造后鸟类数量增加50%，品种也从单一的喜鹊、麻雀等常见鸟类，扩展到伯劳鸟、啄木鸟、翠鸟、北红尾鸲、白腹鸫、白鹭、黄鹂鸟、鹊鸲、乌鸫鸟、斑鸠等。

2.2.2 其他动物

蝴蝶是自然群落中常见的传粉动物。蝴

图10　改造后食源植物与动物多样性的体现
Fig. 10　The diversity of edible plants and animals after transformed

蝶与蜜源植物间的相互作用可形成蝴蝶蜜源植物生态网络。蝴蝶作为环境指示物种之一，保护城市蝴蝶多样性是维持城市生态系统健康的重要行动之一[15]。绿地改建前，植物品种单一，开花植物较少，观察到的动物主要为蚂蚁、蜜蜂、野猫等；改建后，在绿地中还可以看到白鹭、伯劳鸟、黄鼠狼、刺猬、萤火虫、蜻蜓、松鼠、凤蝶、粉蝶、灰蝶等等（图10）。

2.3 提升土壤生物多样性

（1）改良土壤。实施过程中对所有区块进行土壤检测，根据检测数据以及不同区块种植植物的不同，进行了分块的土壤改良。土壤改良基本上按照以下要求进行：种植土厚度0.5 m，配比为原土：山泥：营养土=1：1：1，种植土pH值为中性或微酸性土壤。

（2）保留林下凋落物。林下凋落物对于保护绿地环境、提升土壤生物多样性具有重要意义，且有助于形成昆虫、土壤动物、微生物赖以生存的“多空隙生境”[16]。通过自然方式营造城市中的微小自然野境，促进城市生物多样性的恢复和土壤微生物群落的构建，打造出更加自然的为人服务的城市花园风景。

2.4 减少人为破坏

（1）标识牌指引。通过标识系统、物理隔离等途径引导居民游憩行为，避免踩踏、侵占、破坏绿地行为[17]。设计不仅有整体园区的标识，还有各个景点相应的标识牌。

（2）道路与小品设计。良好的道路和功能空间系统可满足人与多样生物的共生共享。入口空间主要道路宽为3 m，将大量游客引导到南侧滨水码头的主要观光区域；为控制人流，各类林下特色花园的游园小径路幅设计相对较小，如半阴杜鹃园与阴生苔藓园仅为1.2 m；游园小路材质采用透水水洗石，目的是加强土壤与地上地下环境的物质能量交换，改善土壤与微生物的生存环境；种子花园采用砾石散铺与花境结合的形式，减少地表硬质化，营造满足生物多样性的拟自然环境；设计丰富多样的仿生艺术坐凳与雕塑小品等人性化服务设施，放置在人流较多的码头区域和主要道路边，满足游客停留需求；在一些植物丰富区域，采用以行走为主、停留为辅的造景手段，以减少人类对自然环境的干扰与破坏。

3 讨论

项目通过分析北外滩滨江绿地现状，营造不同的生境，为生物的多样化提供适宜的生存环境。但本项目也有遗憾之处。设计

初期为更科学地监测场地的光照、湿度和温度，曾考虑在每个重要区域设置光照传感器、湿度与温度传感器，将传感器与自动滴灌系统、喷雾系统相连接，实时传感器返回的数据，科学、精准地定时和量化植物的浇水或喷雾。这样既能最大程度地满足植物生长需要，又能节约水电等自然资源。但因项目造价等因素未能实现，最终采用传统的定时自动滴灌系统与喷雾系统。随着政府对于城市形象与生态要求的提升，相信在不久的将来，园林行业会越来越多地通过高科技手段，动态监控与管理植物生长，更高效地使用自然资源，打造科技型、创新型的城市绿地模板。

4 结语

城市绿地更新中应认识到保护与提升生物多样性的重要，探索其实现的方法与路径。生物多样化以植物多样性为先导，以乡土植物与适应性植物为主形成稳定的在地性与地带性植物群落，通过人为手段用多元生境与特色植物配置可打通更久远之前这片土地的记忆，如将亿万年前的苔藓、蕨类等植物重新植入，让生物多样化不再局限于近几百年的范畴，可搜寻地球诞生之初的自然本底。北外滩滨江绿地的更新遵循生物多样性原则，根据现状场地条件，为植物建立多样性的复合植物生境空间；通过建成的半阴与阴生等多元植物生境与群落，与鸟类、动物的栖息地发生关联，也将滨江绿地与上海整个城市绿地生态网络建立系统关联。

城市绿地更新的生物多样性目标不仅是构建系统化的城市生态自然网络体系，还要将城市绿地、公园、农田、森林、河流、湿地等有机系统地融合在一起，为生物提供栖息地和迁徙廊道，使其通过生态廊道到城市外更广阔的地方迁徙与觅食，也为人类与自然的互动找到融界的路径，从而使人与自然以生物多样性的方式和谐共生。

参考文献

[1] 高吉喜, 宋婷, 张彪, 等. 北京城市绿地群落结构对降温增湿功能的影响[J]. 资源科学, 2016, 38(6): 1028-1038.

[2] UNFCCC. The Paris Agreement[EB/OL]. (2015-12-12)[2022-01-10]. https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-parisagreement.

[3] 邓一荣, 肖荣波, 黄柳菁, 等. 城市生物多样性恢复途径与实例研究[J].风景园林, 2015, 22(6): 25-32.

[4] 包满珠. 我国城市植物多样性及园林植物规划构想[J]. 中国园林, 2008, 24(7): 1-3.

[5] 张添咏, 徐程扬. 不同尺度生物多样性监测研究进展[J]. 世界林业研究, 2013(2): 15-20.

[6] 王成. 近自然的设计和管护: 建设高效和谐的城市森林[J]. 中国城市林业, 2003(1): 46-49.

[7] 张庆费, 许源. 城市森林生物多样性保育途径探究[J]. 中国城市林业, 2016, 14(3): 1-5.

[8] 朱玲. 城市绿地生物多样性与游憩性价值关系研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2019

[9] 曹同, 高谦, 付星, 等. 苔藓植物的生物多样性及其保护[J]. 生态学杂志, 1997, 16(2): 47-52.

[10] 吴玉环, 高谦, 程国栋, 等. 苔藓植物对全球变化的响应及其生物指导意义[J]. 应用生态学报, 2002, 13(7): 895-900.

[11] BELL G E, DANNEBERGER T K, MCMAHON M J. Spectral Irradiance Available for Turfgrass Growth in Sun and Shade[J]. Crop Science, 2000, 40(1): 189-195.

[12] JIANG Y, DUNCAN R R, CARROW R N. Assessment of Low Light Tolerance of Seashore Paspalum and Bermudagrass[J]. Crop Science, 2004, 44(2): 587-594.

[13] SAVVIDES A, NTAGKAS N, IEPEREN W V, et al. Impact of Light on Leaf Initiation: A Matter of Photosynthate Availability in the Apical Bud?[J]. Functional Plant Biology, 2014, 41(5): 547-556.

[14] 张颖, 黄婷婷, 胡骞, 等. 基于鸟类多样性提升的社区公园生境营造策略探析[J]. 中国园林, 2022, 38(3): 106-111.

[15] 韩丹, 王成, 殷鲁秦. 北京城市蝴蝶蜜源植物网络特征及重要蜜源植物识别[J]. 生态学报, 2021, 41(22): 8892-8905.

[16] 米凯. 城市化对植物多样性影响及空间格局优化研究——以北京市顺义区为例[D]. 北京: 中央民族大学, 2015.

[17] 马远, 李峰, 杨锐. 城市化对生物多样性的影响与调控对策[J]. 中国园林, 2021, 37(5): 6-13.