

## 上海滨水绿地美景度与植物多样性的关联研究

### A Case Study in Relationship Between Scenic Beauty and Plant Diversity of Shanghai Waterfront Green Space

骆天庆\* 聂浦珍 韩晓蓉  
LUO Tianqing\* NIE Puzhen HAN Xiaorong

(同济大学建筑与城市规划学院, 上海 200092)  
(College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai, China, 200092)

文章编号: 1000-0283(2022)06-0045-08  
DOI: 10. 12193 / j. laing. 2022. 06. 0045. 006  
中图分类号: TU986  
文献标志码: A  
收稿日期: 2022-01-02  
修回日期: 2022-04-01

#### 摘要

滨水绿地的有限立地条件制约了植物运用, 通过研究滨水绿地的植物多样性情况, 探索植物多样性对植物景观的影响, 能够帮助城市滨水绿地兼顾植物景观设计与生态效益。选取上海代表性滨水绿地徐汇滨江, 实地调研14块样地, 测算了样地的植物多样性指标, 运用美景度评价 (Scenic Beauty Estimation, SBE) 法进行景观评价, 利用Spearman相关性分析二者的关联性。结果表明, 徐汇滨江的植物多样性偏低, 乔木物种多样性高于灌木; 景观评价多为正向; 景观效果与垂直层数、总物种数、灌木物种数、总Simpson指数、总丰富度、灌木丰富度呈现正相关。最后提出滨水绿地景观和植物多样性同步提升的建议: 进一步丰富植物配置与造景层次, 增加灌木应用, 保证基本的植物生长与养护。

#### 关键词

城市滨水绿地; 植物多样性; SBE法; 景观生态效益

#### Abstract

The limited site conditions of waterfront green space restrict the use of plants. Studying the plant diversity of waterfront green space and exploring the impact of plant diversity on plant landscape can help urban waterfront green space give consideration to plant landscape design and ecological benefits. This paper selects Xuhui Riverside, a representative waterfront green space in Shanghai, as an example to investigate 14 sample plots. The plant diversity index of the sample plot was calculated, the SBE method was used for landscape evaluation, and the Spearman correlation was used to analyze the correlation between the two. The results showed that the plant diversity of Xuhui Riverside was low, and the species diversity of arbor was higher than that of shrub; Landscape evaluation is primarily positive; Landscape effect is positively correlated with vertical layers, total species, number of shrub species, total Simpson index, total richness, and shrub richness. Finally, some suggestions are put forward to improve the landscape and plant diversity of waterfront green space simultaneously: further, enrich the level of plant configuration and landscaping, increase the application of shrubs, and ensure the essential plant growth and maintenance.

#### Keywords

urban waterfront green space; plant diversity; scenic beauty estimation, SBE; landscape ecological benefit

#### 骆天庆

1970年生/女/浙江杭州人/副教授/研究方向为生态规划与设计

#### 聂浦珍

1998年生/女/山西太原人/在读硕士研究生/研究方向为大地景观与生态修复

#### 韩晓蓉

1998年生/女/重庆人/在读硕士研究生/研究方向为数字化遗产景观

\*通信作者 (Author for correspondence)  
E-mail: luotq@tongji.edu.cn

随着城市化的快速发展, 人工绿地已经成为主要的城市绿化形式。人工绿地相比自然绿地, 面积小、物种多样性差<sup>[1]</sup>, 但在维护城市生态功能、营造游憩景观、构建城市自然景观等方面有着举足轻重的作用。优良的植物景观能够营造良好的观感, 提供舒适的游憩体验, 同时植物也在绿地的生态功能

中扮演了非常重要的角色<sup>[2]</sup>。滨水绿地有独一无二的景观资源和亲水性、舒适性, 在提升城市景观质量上具有重要的地位<sup>[3]</sup>。由于地形较窄, 要求高防汛等有限的立地条件制约了滨水绿地的植物应用, 相比其他形式的城市绿地来说, 滨水绿地的植物多样性更加受限, 针对城市滨水绿地的植物景观设计研究也并

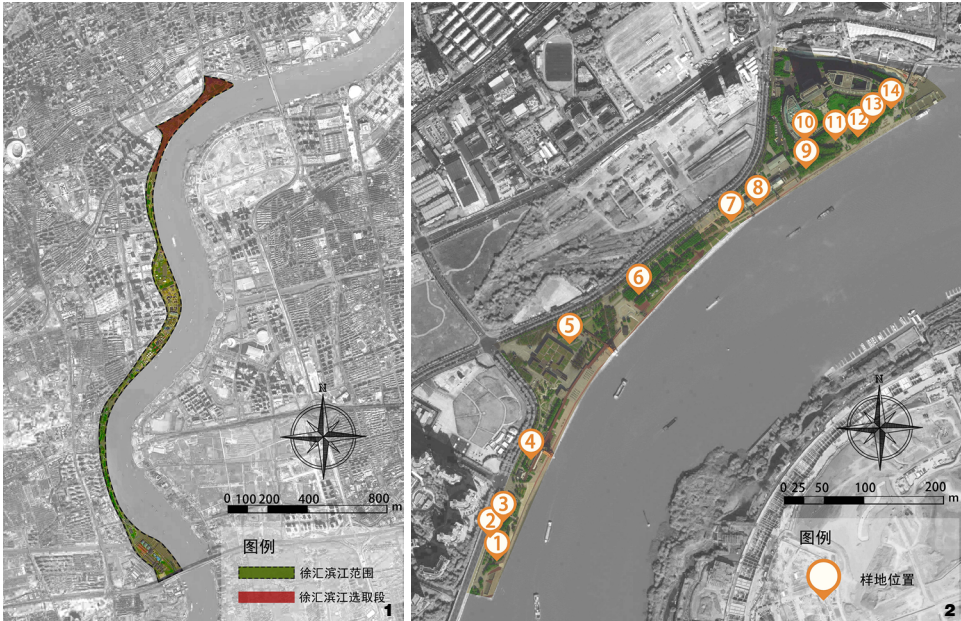


图1 研究范围  
Fig. 1 Study area

图2 研究样地分布  
Fig. 2 Distribution of sample plots

不充分<sup>[4]</sup>。滨水绿地的植物多样性显著低于其他城市空间地段的绿地，公众景观满意度往往较低，亟需改善<sup>[5]</sup>。通过调查代表性的滨水绿地植物多样性情况，研究其与植物景观评价的关系，在提升植物景观品质的同时兼顾其生态效益，可帮助城市滨水绿地优化设计，最大程度发挥滨水绿地的多重作用。

目前国内外针对城市绿地植物多样性的研究已有展开<sup>[6]</sup>，但仅有少数研究证实植物多样性与景观感受存在联系，而针对关联性的定量研究寥寥无几<sup>[7]</sup>。景观评价主要采用各种美景度评价方法，其中SBE法应用最为广泛<sup>[8]</sup>，适用于城市公园绿地研究和植物景观评价<sup>[9]</sup>。利用该方法从大众视角进行景观感受量化评价，可以得到较为科学、直观的美景度评价结果<sup>[10]</sup>，但并不能反映植物多样性状况。相比层次分析法等其他方法，SBE法能够获得更加严密、精确的植物景观评价

结果<sup>[11]</sup>。由于人工绿地植物种植比较稳定，具有强维护特征，植物的季节性演替不明显，同时人工绿地有季相设计，四季均存在开花结果等季节变化，因此可通过单一季节植物多样性调查进行简化研究。

徐汇滨江绿地是上海近年来投入较大、重点建设的城市公园绿地<sup>[12]</sup>，植物繁多，种类丰富<sup>[13]</sup>，景色优美，在滨水景观效果和植物多样性方面具有一定的代表性和研究价值。文章选取其中植物配置不同的14处典型景观样地，使用SBE法评价景观并测取植物多样性，尝试使用Spearman相关性判别植物多样性与美景度的关联性，以期今后的城市滨水绿地植物设计及相关研究提供参考。

## 1 研究对象

徐汇滨江地区自20世纪60年代以来工厂逐渐聚集，生态环境遭到破坏。21世纪初，

上海市政府决定对徐汇滨江进行改造，迁出全部工厂。2010年5月1日，徐汇滨江绿地改造完成，开始开放。绿地共9.4 km，其中保留较多工业遗产，与滨江景观融合<sup>[14]</sup>，是上海品质较好的滨水绿地。本研究选择徐汇滨江开发较完善、最著名和具有代表性的段落为研究范围，即由徐汇滨江规划展示中心至漕河泾港总计约1.3 km（图1）。通过实地走访，在其中选择了14个不同的植物配置典型样地作为研究对象（图2）。为了在美景度评价中呈现完整的景观场景，各样地均为园路或硬地围合的完整绿地。

本研究于2020年10月对14个样地进行现场调研。每样地取4处1 m×1 m的样方统计灌木植物数量，并采用普查法进行垂直层数、乔木数量及植物品种的计数（表1）。同时记录植物是否修剪、存活状况是否良好、有无无色叶植物、植物是否在开花期等养护情况信息作为影响因素参考（表2）。植物修剪程度按照显著修剪为规则形状、修剪过但自然生长一段时间、完全自然生长状态分为修剪度高、中、低三个等级；存活状况按照植物高大、枝叶茂密和有干枯，地被裸露分为好和差两种。色叶植物与开花期通过直接观察植物群落获得。

## 2 研究方法

### 2.1 样地植物多样性分析

选取植被群落垂直层数、物种数、密度、均匀度、丰富度5个具有代表性的多样性特征要素<sup>[15]</sup>为研究指标（表3），分别计算每个样地的垂直层数，乔、灌木的物种数、密度、均匀度和丰富度。

### 2.2 样地植物景观美景度评价

SBE法是基于心理物理学理论，主张以

表1 样地植物信息  
Tab. 1 Plant information of sample plots

| 样地<br>Plot | 垂直层数/层<br>Number of<br>vertical layers | 样地尺寸/m<br>Plot size | 乔木物种数/种<br>Number of tree<br>species | 灌木物种数/种<br>Number of shrub<br>species | 乔木总数量/株<br>Total number of<br>trees | 灌木总数量/株<br>Total number of<br>bushes | 物种名称<br>Species name                  |
|------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1          | 2                                      | 4.5×5               | 1                                    | 2                                     | 1                                   | 675                                  | 榉树 ( <i>Zelkova serrata</i> )         |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 山茶 ( <i>Camellia japonica</i> )       |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 杜鹃 ( <i>Rhododendron simsii</i> )     |
| 2          | 2                                      | 6×12                | 1                                    | 0                                     | 16                                  | 0                                    | 垂丝海棠 ( <i>Malus halliana</i> )        |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 地毯草 ( <i>Axonopus compressus</i> )    |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      |                                       |
| 3          | 2                                      | 25×5                | 2                                    | 2                                     | 11                                  | 2063                                 | 三角槭 ( <i>Acer buergerianum</i> )      |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 桂花 ( <i>Osmanthus fragran</i> )       |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 山茶 ( <i>Camellia japonica</i> )       |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 杜鹃 ( <i>Rhododendron simsii</i> )     |
| 4          | 1                                      | 5×5                 | 0                                    | 0                                     | 0                                   | 0                                    | 地毯草 ( <i>Axonopus compressus</i> )    |
| 5          | 1                                      | 5×5                 | 0                                    | 0                                     | 0                                   | 0                                    | 蓝羊茅 ( <i>Festuca glauca</i> )         |
| 6          | 2                                      | 5×12                | 1                                    | 0                                     | 6                                   | 0                                    | 香樟 ( <i>Cinnamomum camphora</i> )     |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 沿阶草 ( <i>Ophiopogon bodinieri</i> )   |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 香樟 ( <i>Cinnamomum camphora</i> )     |
| 7          | 3                                      | 6×7                 | 4                                    | 0                                     | 5                                   | 0                                    | 银杏 ( <i>Ginkgo biloba</i> )           |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 枫香 ( <i>Liquidambar formosana</i> )   |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 榉树 ( <i>Zelkova serrata</i> )         |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 芦苇 ( <i>Phragmites australis</i> )    |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 葫芦藓 ( <i>Funaria hygrometrica</i> )   |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      |                                       |
| 8          | 1                                      | 3.5×5               | 0                                    | 0                                     | 0                                   | 0                                    | 荻 ( <i>Triarrhena sacchariflora</i> ) |
| 9          | 2                                      | 10×8                | 1                                    | 0                                     | 5                                   | 0                                    | 乌桕 ( <i>Sapium sebiferum</i> )        |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 地毯草 ( <i>Axonopus compressus</i> )    |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      |                                       |
| 10         | 4                                      | 5×15                | 2                                    | 3                                     | 6                                   | 281                                  | 三角槭 ( <i>Acer buergerianum</i> )      |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 银杏 ( <i>Ginkgo biloba</i> )           |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 八角金盘 ( <i>Fatsia japonica</i> )       |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 红花檵木 ( <i>Loropetalum chinense</i> )  |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 石楠 ( <i>Photinia serratifolia</i> )   |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 狗牙根 ( <i>Cynodon dactylon</i> )       |
| 11         | 3                                      | 5×5                 | 1                                    | 2                                     | 4                                   | 468                                  | 苏铁 ( <i>Cycas revoluta</i> )          |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 山茶 ( <i>Camellia japonica</i> )       |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 杜鹃 ( <i>Rhododendron simsii</i> )     |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 沿阶草 ( <i>Ophiopogon bodinieri</i> )   |
| 12         | 3                                      | 4×10                | 2                                    | 0                                     | 9                                   | 0                                    | 银杏 ( <i>Ginkgo biloba</i> )           |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 垂丝海棠 ( <i>Malus halliana</i> )        |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 沿阶草 ( <i>Ophiopogon bodinieri</i> )   |
| 13         | 4                                      | 5×5                 | 3                                    | 2                                     | 6                                   | 204                                  | 无患子 ( <i>Sapindus mukorossi</i> )     |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 桂花 ( <i>Osmanthus fragrans</i> )      |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 木槿 ( <i>Hibiscus syriacus</i> )       |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 杜鹃 ( <i>Rhododendron simsii</i> )     |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 洒金桃叶珊瑚 ( <i>Aucuba japonica</i> )     |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      |                                       |
| 14         | 3                                      | 5×4                 | 3                                    | 0                                     | 4                                   | 0                                    | 榉树 ( <i>Zelkova serrata</i> )         |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 东京樱花 ( <i>Cerasus yedoensis</i> )     |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 桂花 ( <i>Osmanthus fragrans</i> )      |
|            |                                        |                     |                                      |                                       |                                     |                                      | 沿阶草 ( <i>Ophiopogon bodinieri</i> )   |

表2 植物生长养护信息  
Tab. 2 Plant maintenance information

| 样地<br>Plot | 修剪度<br>Pruning | 存活状况<br>Survival status | 色叶植物<br>Color leaf plant | 开花期<br>Flowering period |
|------------|----------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1          | 中              | 好                       | 有                        | 是                       |
| 2          | 高              | 差                       | 有                        | 否                       |
| 3          | 中              | 差                       | 有                        | 否                       |
| 4          | 高              | 好                       | 无                        | 否                       |
| 5          | 低              | 好                       | 无                        | 否                       |
| 6          | 中              | 好                       | 无                        | 否                       |
| 7          | 低              | 差                       | 有                        | 否                       |
| 8          | 低              | 好                       | 有                        | 否                       |
| 9          | 高              | 好                       | 无                        | 否                       |
| 10         | 高              | 好                       | 有                        | 否                       |
| 11         | 中              | 好                       | 无                        | 是                       |
| 12         | 中              | 好                       | 无                        | 否                       |
| 13         | 中              | 差                       | 有                        | 否                       |
| 14         | 中              | 好                       | 有                        | 否                       |

表3 植物多样性研究指标  
Tab. 3 Plant diversity research indexes

| 研究指标<br>Research index | 指标涵义<br>Index meaning                                    | 测算方法<br>Calculation method                          |
|------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 植被群落垂直层数 (L)           | 群落总体垂直结构分层数, 垂直层数越多, 说明植物的乔灌草层次越丰富, 多样性越好                | 不同高度的植物按照高度区间计层                                     |
| 物种数 (S)                | 指样地内植物种类的数量, 可直接反映群落物种类型多少, 物种数越多, 多样性越好                 | 样方物种种类计数                                            |
| 物种密度 (D)               | 某一种植物的密集程度, 密度越大, 则种群越稳定                                 | $D=N/A*100\%$<br>(N: 数量/个; A: 样地面积/m <sup>2</sup> ) |
| 物种均匀度 (U) : Simpson指数  | 指随机取样的种间概率, 即两次取样取到非重复样地的概率, 其数字越接近1, 表明该样地物种越不均匀, 多样性越高 | $U=1-\sum_{i=1}^S P_i^2$<br>(P: 取样率; S: 物种数/种)      |
| 物种丰富度 (R) : Margalef指数 | 指仅考虑群落的物种数量和总个体数, 将一定大小的样地中的物种数量定义为多样性指数。指数越高, 丰富度越好     | $R=(S-1)/\ln N$<br>(S: 物种数/种; N: 总数量/棵)             |

大众视角进行群体审美标准评价, 并建立相应模型的景观评价方法<sup>[10]</sup>。本研究参考Daniels和Boster提出的方法<sup>[16]</sup>, 对14个调研样地逐一拍摄绿地照片, 以1.6 m高度进行统一拍摄, 尽量拍摄到该绿地所有植物类型同时避开附近装饰物、水岸、建筑的影响,

完整呈现其景观风貌。通过网络发放问卷邀请市民评价样地景观照片(图3), 采用七分评价方法, 以3、2、1、0、-1、-2、-3分别代表非常喜欢、喜欢、较喜欢、一般、不太喜欢、不喜欢、非常不喜欢进行打分。网络问卷通过问卷星在微信、微博等平台针对

广大上海市民发放, 以获得大众审美评价。问卷发放时间为3天, 共发放95份问卷。人工删除其中全部选择一个选项和填写时间不超过30 s的问卷, 最终得到有效问卷90份, 风景园林专业与非风景园林专业人群的比例为1:9。

对问卷结果进行整理, 将每个样地的大众评分数据按照分值等级从小到大排列, 统计各等级频率(f)。因各等级频率呈现正态分布, 使用Excel的NORMSNV函数计算样地正态分布模型中7个等级各自对应的单侧分位数z, 并求取z值的平均值Z。为避免评分者的主观评判差异影响, 选取样地中的一个单纯草地——样地4作为基准样地, 由其余各个样地与基准样地的Z值之差得到SBE值, 具体计算见公式(1)。

$$SBE_i=(Z_i-Z_0)*100 \tag{1}$$

式中,  $SBE_i$ 为第*i*个样地的最终评价价值,  $Z_i$ 为第*i*个样地的Z值,  $Z_0$ 为对照景观的Z值。若SBE值为正, 则该景观评价优于对照景观; 若SBE值为负, 说明该景观评价劣于对照景观。SBE绝对值越大, 其与对照景观的景观质量差距就越大。

2.3 植物多样性与美景度的关联性分析

(1) 由于不同数据量级差距较大, 将植物多样性与美景度的直接计算结果进行(0, 1)归一化处理以获得直观、可比照的数据。归一化计算见公式(2)。

$$X_{normalization}=(x-Min)/(Max-Min) \tag{2}$$

式中,  $X_{normalization}$ 为归一化计算值,  $x$ 为该项数据的直接计算值,  $Min$ 为该系列数据的最小值,  $Max$ 为该系列数据的最大值。

(2) 对归一化后的植物多样性指标逐一与美景度进行相关性分析。因植物多样性与美景度数据均非正态分布, 故采用Spearman

相关性分析。以置信度小于0.01为显著相关,置信度小于0.05为相关,并根据相关系数进一步判断正负相关性。

(3) 将样地按照SBE值从低到高排序,并使用该顺序在Excel构建美景度和与之相关的植物多样性指标的散点图与趋势线,观察各样地的植物多样性变化情况。以多样性归一化数据值与趋势线的差值计其偏离度。当偏离度大于0.4时提示样地的指标水平异常,需讨论探索此特殊情况的产生原因。

### 3 结果与分析

#### 3.1 植物多样性分析结果

植物多样性分析结果如表4。各样地的总物种数多为2~4种,有少数样地物种稍多,达5~6种,乔木的物种数较灌木更多。各样地的植物景观垂直分层往往分为1~4层,多数为2~3层。各样地总Simpson指数均小于0.6,乔木的Simpson指数较灌木更高,同样说明乔木的多样性较灌木更好。乔木密度各样方趋同,大致在0~0.3之间,说明徐汇滨江缺乏疏密不同的乔木造景。灌木的密度差距较大,灌木种类与种植方法对此数据有较大的影响。总体物种丰富度适中,7号样方与14号样方表现出较高的丰富度,其余样方丰富度在0~1之间,普遍较低。乔木的丰富度明显高于灌木丰富度,与多样性结论形成一致的比照。总体来说,徐汇滨江的乔木物种多样性高于灌木,乔木植物搭配也更加丰富。

#### 3.2 植物景观评价结果

经过检验,各样地大众评价数据均符合正态分布,可以使用SBE法统计。各样地的SBE评价值从低到高如图4所示。由美景度评价结果可得出所有样地的相对景观评价,分析得分可得到公众对于植物景观欣赏的偏好。

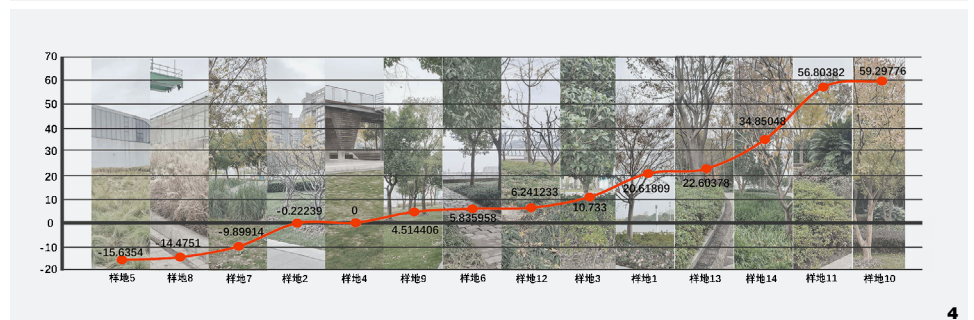
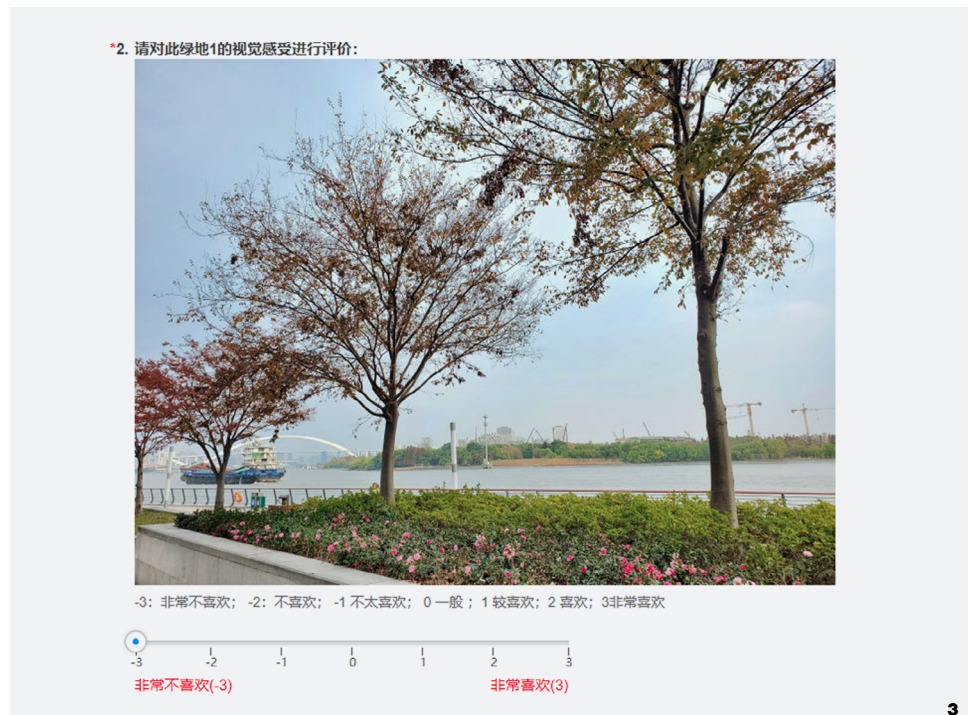


图3 样地全景图片评价问卷页示例

Fig. 3 Questionnaire page of plot panoramic picture evaluation

图4 样地照片及SBE值

Fig. 4 Plot photos and SBE values

除2号、5号、7号、8号样地评价低于草坪基准样地以外,其余样地景观评价皆为正向,特别是10号、11号样地景观评价远远高于其他样地。

#### 3.3 植物多样性与植物景观评价的关联性分析

Spearman相关性分析结果如表5所示,其中以置信度小于0.01为显著相关,置信度小于0.05为相关,相关系数的正负决定了相

关性的正负。可看出6项植物多样性指标与景观评价具有正向关联特征,6项不相关。具备关联性的指标为:垂直层数、总物种数、灌木物种数、总Simpson指数、总丰富度、灌木丰富度,均与植物景观评价呈现正相关性。其关联性由高到低为:灌木物种数>垂直层数>总物种数>总Simpson指数>总丰富度>灌木丰富度。除总丰富度和灌木丰富度外其余指标均为显著相关,其中灌木物种数

表4 指标分析  
Tab. 4 Index analysis

| 样地<br>Plot | 垂直层<br>数/层<br>Number<br>of vertical<br>layers | 总物种数/<br>种<br>Total<br>number of<br>species | 乔木物<br>种数/种<br>Number of tree<br>species | 灌木物种<br>数/种<br>Number of shrub<br>species | 乔木密度/<br>(株*m <sup>-2</sup> )<br>Tree density | 灌木密度/<br>(株*m <sup>-2</sup> )<br>Bush<br>density | 总Simpson<br>指数<br>Total Simp-<br>son Index | 乔木Simp-<br>son指数<br>Trees Simp-<br>son Index | 灌木Simp-<br>son指数<br>Shrub Simp-<br>son Index | 总物种丰<br>富度<br>Total<br>species<br>richness | 乔木丰富度<br>Trees Rich-<br>ness | 灌木丰<br>富度<br>Shrub<br>richness |
|------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 1          | 2                                             | 3                                           | 1                                        | 2                                         | 0.044                                         | 30.000                                           | 0.482                                      | 0.000                                        | 0.480                                        | 0.307                                      | 0.000                        | 0.153                          |
| 2          | 2                                             | 2                                           | 1                                        | 0                                         | 0.222                                         | -                                                | 0.003                                      | 0.000                                        | -                                            | 0.361                                      | 0.000                        | -                              |
| 3          | 2                                             | 4                                           | 2                                        | 2                                         | 0.088                                         | 16.504                                           | 0.501                                      | 0.397                                        | 0.496                                        | 0.393                                      | 0.417                        | 0.131                          |
| 4          | 1                                             | 1                                           | 0                                        | 0                                         | -                                             | -                                                | 0.000                                      | -                                            | -                                            | -                                          | -                            | -                              |
| 5          | 1                                             | 1                                           | 0                                        | 0                                         | -                                             | -                                                | 0.000                                      | -                                            | -                                            | 0.000                                      | -                            | -                              |
| 6          | 2                                             | 2                                           | 1                                        | 0                                         | 0.100                                         | -                                                | 0.006                                      | 0.000                                        | -                                            | 0.558                                      | 0.000                        | -                              |
| 7          | 3                                             | 6                                           | 4                                        | 0                                         | 0.119                                         | -                                                | 0.389                                      | 0.720                                        | -                                            | 1.618                                      | 1.864                        | -                              |
| 8          | 1                                             | 1                                           | 0                                        | 0                                         | -                                             | -                                                | 0.000                                      | -                                            | -                                            | 0.000                                      | -                            | -                              |
| 9          | 2                                             | 2                                           | 1                                        | 0                                         | 0.063                                         | -                                                | 0.001                                      | 0.000                                        | -                                            | 0.621                                      | 0.000                        | -                              |
| 10         | 4                                             | 6                                           | 2                                        | 3                                         | 0.080                                         | 3.747                                            | 0.049                                      | 0.444                                        | 0.463                                        | 0.707                                      | 0.558                        | 0.355                          |
| 11         | 3                                             | 4                                           | 1                                        | 2                                         | 0.160                                         | 18.720                                           | 0.563                                      | 0.000                                        | 0.444                                        | 0.487                                      | 0.000                        | 0.163                          |
| 12         | 3                                             | 3                                           | 2                                        | 0                                         | 0.225                                         | -                                                | 0.018                                      | 0.494                                        | -                                            | 0.910                                      | 0.455                        | -                              |
| 13         | 4                                             | 5                                           | 3                                        | 2                                         | 0.240                                         | 8.160                                            | 0.359                                      | 0.611                                        | 0.321                                        | 0.748                                      | 1.116                        | 0.188                          |
| 14         | 3                                             | 4                                           | 3                                        | 0                                         | 0.200                                         | -                                                | 0.017                                      | 0.625                                        | -                                            | 2.164                                      | 1.443                        | -                              |

表5 Spearman相关性分析结果  
Tab. 5 Spearman correlation analysis results

|      | 垂直层数/层<br>Number of vertical<br>layers | 总物种数/种<br>Total number of<br>species | 乔木物种数/种<br>Number of tree species  | 灌木物种数/种<br>Number of shrub<br>species | 乔木密度/(株*m <sup>-2</sup> )<br>Tree density | 灌木密度/(株*m <sup>-2</sup> )<br>Bush density |
|------|----------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 相关系数 | 0.732                                  | 0.670                                | 0.491                              | 0.744                                 | -0.018                                    | -0.500                                    |
| 置信度  | 0.003                                  | 0.009                                | 0.075                              | 0.002                                 | 0.958                                     | 0.391                                     |
|      | 总Simpson指数<br>Total Simpson index      | 乔木Simpson指数<br>Trees Simpson index   | 灌木Simpson指数<br>Shrub Simpson index | 总丰富度<br>Total species richness        | 乔木丰富度<br>Trees richness                   | 灌木丰富度<br>Shrub richness                   |
| 相关系数 | 0.664                                  | 0.076                                | -0.600                             | 0.647                                 | 0.133                                     | 0.900                                     |
| 置信度  | 0.01                                   | 0.824                                | 0.285                              | 0.012                                 | 0.696                                     | 0.037                                     |

的关联性最为显著，灌木丰富度的相关系数接近1。

各个样地的SBE值与具有关联性的植物多样性的归一化数据如图5所示。显著偏离趋势线超过0.4的植物多样性指标数据点共9个，分别在样地7、3、1、14、11、10的数据内出现，其中样地7最为集中。该样地的垂直层数、总物种数、总Simpson指数、总丰富度指标数据均显著高于趋势线水平，说明其植

物多样性水平总体上较高，但其SBE值却低于草坪基准样地，成为唯一特例。

4 讨论

4.1 总体相关性指标对植物景观评价影响讨论

本研究表明总物种数、垂直层数、总Simpson指数、总丰富度对植物景观评价有正相关性。城市滨水绿地的植物多样性普遍偏低、植物种类较少。增加植物种类、提高植

物种植的均匀度，可有效提升总物种数、总Simpson指数和总丰富度指标，获得更好的景观效果。徐汇滨江绿地的植被群落垂直层数多为2~3层，而4层以上的植物层次能够更好地营造林冠线的起伏变化，提升景观效果<sup>[17]</sup>。因此，在城市滨水绿地设计、建设中，进一步丰富植物品种，增加植物造景层次，可以有效提升绿地的植物多样性并改善景观效果。

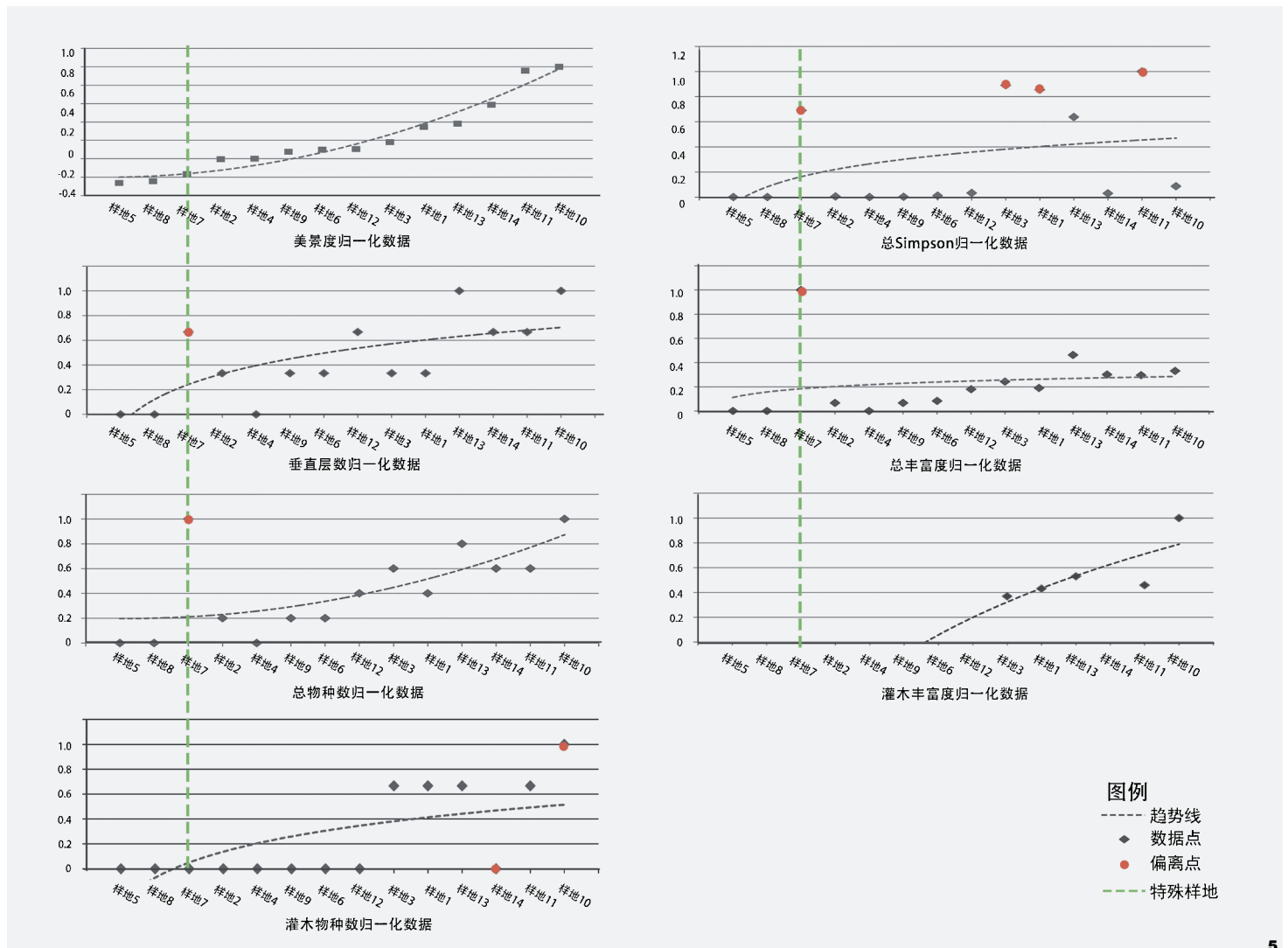


图5 植物景观评价结果及植物多样性数据

Fig. 5 Results of plant landscape evaluation and the species diversity data

#### 4.2 灌木丰富度对植物景观评价影响讨论

灌木物种数、丰富度与植物景观评价也显示出显著的正相关性。灌木层的缺失或单一易造成垂直层次的利用不充分,影响植物景观视觉效果。灌木往往在人平视高度上下生长,相比乔木、草被层更加贴近人的视觉感知。在秋景营造上,设计师往往注重色叶乔木的运用,而忽视灌木的设计。徐汇滨江的灌木多为一种单一种植或两种混播,但景

观评价较好的样地具有2~3种灌木。如10号样地使用八角金盘、红花檵木和石楠进行多层灌木种植,四季有花有色叶的变化,丰富多彩。因此在城市滨水绿地中应重视灌木的种植应用,增加灌木种类至三种或更多,既可增加灌木的多样性,又可以丰富植物造景。

#### 4.3 特例讨论

对图5指出的偏离趋势线的点进行分

析:在所有样地中,14号、10号、11号样地的美景度评价最高,但相关的植物多样性指标并不突出;7号样地的植物多样性水平高,但美景度评价较低。由此推断植物养护、存活和配置状况也可能对景观效果产生重要影响。其中,14号、10号样地的植物修剪整齐,生长良好,有色叶植物;11号样地虽修剪度不如10号样地理想,但同样生长良好,且是唯一处在开花期的样地之一;而同样有色叶

植物、在开花期、生长良好的1号样地，其美景度评价也较高。此外，7号特例样地芦苇修剪度低，显得形态杂乱，草地存活状况差，地面裸露，大大影响了景观效果。美景度评价偏低的2号、5号、8号样地，植物养护和存活状况也同样不佳。因此可推断美景度除了受植物多样性影响外，还受植物养护、生长状况等影响。如果植物较为丰富，但生长杂乱，放任死亡，则景观效果也不理想；通过基本的养护保持植物的枝叶茂密、地面不裸露、修剪齐整，是保证植物发挥其生态作用与造景效果的基础。此外，徐汇滨江在调查时间的开花植物为杜鹃，色叶植物包括银杏、红花檵木、枫香等，均为上海乡土植物。在绿地植物设计过程中适当选取此类乡土色叶植物和开花植物，营造丰富的季相变化，也可以在增加植物多样性的基础上使景观效果更好。

## 5 讨论

在所考察的植物多样性指标中，垂直层数、总物种数、灌木物种数、总Simpson指数、总丰富度、灌木丰富度与美景度具有正向关联性，因此提升这些多样性指标有利于城市滨水绿地造景。具体建议包括：

(1) 进一步丰富植物配置与造景层次。如通过增加垂直层数至4层及以上来营造丰富的视觉层次；增加植物种类至4~6种来营造不同的花叶、形态的时空变化；突破单种乔—灌—草的简单种植模式，增加地被层或高度错落的乔灌木多层种植塑造绿地的植物林冠线。这些举措既令城市滨水绿地景观增色，又丰富了城市滨水绿地的植物多样性。

(2) 增加灌木的应用。增加灌木至三种或更多，采用具有色叶、开花特色的乡土灌木造景，如应用红花檵木、洒金桃叶珊瑚等

色叶灌木，或杜鹃一类开花灌木，既可以丰富灌木小层次，填充垂直层数，也可以在视觉上更引人入胜。

(3) 保证基本的植物生长与养护，使植物发挥正常的生态作用与造景效果。避免大面积的裸露土地，地被缺失导致土地裸露可能会给人荒凉之感，无论是设计的空缺或后期养护不力，都会影响游客的观感。保证植物的存活情况，既要保证植物枝繁叶茂，也要保证修剪得当，不至于杂乱无章。此外，养护也要保证植物能够按时开花结果，表现出自身的季相特征。

## 参考文献

- [1] 杨学军, 林源祥, 胡文辉, 等. 上海城市园林植物群落的物种丰富度调查[J]. 中国园林, 2000(03): 65-67.
- [2] 陆贤芳. 园林花卉在城市绿化景观设计中的运用[J]. 世界热带农业信息, 2021(12): 31.
- [3] 周建东, 黄永高. 我国城市滨水绿地生态规划设计的内容与方法[J]. 城市规划, 2007(10): 63-68.
- [4] 叶思佳. 重庆市主城滨江公园植物景观设计研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2018.
- [5] 吴燊涛, 方田红. 上海徐汇区公园绿地植物景观质量评价研究[C]//第十八届全国区域旅游开发学术研讨会暨永州旅游发展论坛论文集, 2017: 274-286.
- [6] 刘正威. 郑州市公园绿地乔木物种多样性及其优化策略研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2020.
- [7] 秦璐, 郭维, 谢赛宁, 等. 北京园林绿地生物多样性对景观效应的影响[J]. 农业科技与信息(现代园林), 2013, 10(05): 48-53.
- [8] 李成, 李会云, 孔德义, 等. 园林景观美景度评价研究进展[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(11): 10-12.
- [9] 冯慧灵, 刘柄麟, 张超, 等. 城市公园植物景观美学评价[J]. 上海师范大学学报(自然科学版), 2018, 47(04): 507-512.
- [10] 杨书豪, 谷晓萍, 陈珂, 等. 国内景观评价中SBE方法的研究现状及趋势[J]. 西部林业科学, 2019, 48(03): 148-156.

- [11] 沈雯, 李凯, 王秀荣. 层次分析法与美景度评价法在植物景观评价中的综合运用[J]. 北方园艺, 2018, (11): 110-117.
- [12] 廖嘉元, 汤晓敏. 上海徐汇滨江绿地休憩设施质量评价[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2017, 35(06): 74-79.
- [13] 方和俊. 上海城市绿地植物群落现状及综合评价研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2006.
- [14] 万本太, 徐海根, 丁晖, 等. 生物多样性综合评价方法研究[J]. 生物多样性, 2007(01): 97-106.
- [15] 汪殿蓓, 暨淑仪, 陈飞鹏. 植物群落物种多样性研究综述[J]. 生态学杂志, 2001(04): 55-60.
- [16] DANIEL T C, BOSTER R S. Measuring Landscape Esthetics: The Scenic Beauty Estimation Method[M]. Fort Collins, CO: Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, 1976.
- [17] 赵慧蓉. 城市公园绿地植物景观的自然生态设计[J]. 艺术大观, 2020(28): 62-64.