

屋顶花园植物景观美景度评价研究——以同济大学运筹楼为例

Research on the Evaluation of the Scenic Beauty of Rooftop Garden Plant Landscape: A Case Study of Tongji University's Yunchou Building

阳光明媚 林泳宜 金董惠 陈静*

YANG Guangmingmei, LIN Yongyi, JIN Jinhui, CHEN Jing*

基金项目: 国家自然科学基金青年项目 (编号: 32001364); 上海同济城市规划设计研究院有限公司联合一般课题 (编号: KY-2022-LH-B05)

摘要

屋顶花园作为校园环境的重要组成部分, 为师生提供了独特的学习和交流场所, 并在改善校园环境和调节师生情绪方面发挥了关键作用。以同济大学运筹楼屋顶花园为研究对象, 通过问卷调查和专家评价法提取评价因子, 分别运用美景度评价法、审美评判测量法和语义差异法, 深入研究了7个不同主题的花园地块以及2块向日葵对照田的美景度。研究结果显示, 悠然花园在3种方法中的评分均较高, 野趣花园在语义差异法中的美景度评分方面表现出色, 而2块向日葵田在3种评价方法中的得分相对较低。为提升屋顶花园植物景观的美景度, 建议在设计中多注重植物色彩和种植结构, 增加植物的多样性, 多种植开花植物以及芳香植物。此外, 研究发现, 美景度评价法在小尺度绿地植物景观评价中具有较好的适用性。

Abstract

The rooftop garden, as a crucial component of the campus environment, provides a unique space for faculty and students to learn and interact, playing a pivotal role in improving the campus environment and regulating the emotions of the academic community. This study uses the rooftop garden of Tongji University's Yunchou Building as the research object. Evaluation factors were derived from a combination of questionnaire surveys and expert assessments. Using the Scenic Beauty Estimation (SBE) method, the Balanced Incomplete Block design-Law of Comparative Judgment (BIB-LCJ) method, and the Semantic Differential (SD) method, the scenic beauty of seven different themed garden plots and two sunflower control fields was studied in depth. The results reveal that the Leisure Garden scored high in all three methods, and the Wild Garden performed well in the scenic beauty score of the SD method, while the two sunflower fields scored relatively low in all three evaluation methods. To further enhance the scenic beauty of the rooftop garden's plant landscapes, it is recommended to focus more on plant colours and planting structures, increasing the diversity of plants, and the quantity of flowering and aromatic plants in the design. In addition, the study found that the SBE method demonstrates good applicability in the evaluation of small-scale plant landscapes.

文章亮点

1) 量化评价屋顶花园的美景度; 2) 专业和非专业人群对屋顶花园的美景度评价存在差异; 3) 屋顶花园美景度受植物多样性、开花植物数量及芳香植物数量的影响显著。

关键词

屋顶花园; 小尺度绿地; 植物景观; 美景度

Keywords

Rooftop garden; Small-scale green space; Plant landscape; Scenic beauty

收稿日期: 2024-02-22

修回日期: 2024-04-09

我国正迈入城市高质量发展和高品质生活建设的新阶段，人们对城市环境品质提出了更高的要求^[1]。随着城市人口的不断增加，城市绿地逐渐成为改善城市生态环境和人们亲近自然的关键要素^[2]。与此同时，我国高等教育规模不断扩大，已进入普及化发展阶段，学生人数不断增加，导致校园用地日益紧张。屋顶花园作为一种半开放空间，为高校师生带来了多重文化、生态和社会效益^[3-4]。研究表明，在不同环境条件下，屋顶花园对情绪调节产生积极影响^[5-7]，为学生和教职工提供了绿色微休息（green micro-breaks）的场所，从而促进恢复感知、改善情绪和提升工作表现。鉴于高校屋顶花园的特殊性质，深入理解日常使用者的审美偏好，对于优化屋顶花园植物景观，提升其生态和美学价值至关重要。

目前，植物景观美景度的研究主要采用层次分析法（Analytic Hierarchy Process, AHP）、美景度评价法（Scenic Beauty Estimation, SBE）、审美评判测量法（Balanced Incomplete Block design-Law of Comparative Judgment, BIB-LCJ）、语义差异法（Semantic Differential method, SD）以及人体生理心理指标测试法（Psychophysiological indicator, PPI）等方法^[8]。这些方法在中到大尺度的景观评价研究中广泛应用，但在小尺度植物景观研究中应用较少。SBE法因其简便、客观的评分过程，在花境及其他植物设计评估中较为常见，但其不涉及不同样地之间的比较。例如，杨帆等^[9-10]通过SBE法结合照片量化分析公众对花境景观的偏好。BIB-LCJ法通过对比不同样地，

弥补了SBE法的不足，如徐伟振等^[11]采用BIB-LCJ法对样本进行排序计算，辅助构建滨水景观评价模型。SD法则以其简洁的叙述方式，减少专业背景差异可能导致的评价偏差，如王艳想等^[12]采用SD法进行问卷调研，确立了城市展园中美景度评价的影响要素。AHP法和PPI法在类似尺度的案例评价中运用较少，评价过程复杂，因此本研究未予选取。

本研究以同济大学运筹楼屋顶花园为研究对象，采用了SBE法、BIB-LCJ法和SD法进行评估。这3种方法不仅各自独立，而且能通过相互比较和补充，综合提供更为全面的评价结果。研究旨在比较这些不同方法在小尺度植物景观评价中的适用性，并深入探讨影响美景度评价的关键要素。该研究不仅为屋顶花园未来的优化提供指导，同时也为小尺度植物景观的美景度评价提供有价值的参考。

1 研究内容

1.1 研究对象

上海同济大学四平路校区运筹楼屋顶花园于2021年11月由景观系师生共同设计，建设阶段广泛邀请全校师生参与，成为校内首个师生共建的劳动教育基地。该屋顶花园占地约755 m²，包括9个3.5×3.5 m的方形地块（图1）。截至2022年，通过多次微更新，屋顶花园内的植物种类（含品种）已达到100种，且均为多年生、耐旱和耐贫瘠植物（表1）。其中，悠然花园（I）和蜜源花园（II）以开花植物为主要特色，香草花园（III）以香料和芳香植物为主，野趣花园（IV）主要种植观赏草类，药草花园（V）科普药用植物，2块流

表1 屋顶花园主要植物

Tab.1 Main plants in the rooftop gardens

花园	植物名称
I 悠然花园	火炬花 <i>Kniphofia uvaria</i> 、落基山圆柏 <i>Juniperus scopulorum</i> 、四月夜林荫鼠尾草 <i>Salvia nemorosa</i> 'April night'、卡拉多那鼠尾草 <i>Salvia nemorosa</i> 'Caradonna'、大布尼狼尾草 <i>Pennisetum orientale</i> 'Tall'、凌风草 <i>Briza media</i> 、重金柳枝稷 <i>Panicum virgatum</i> 'Heavy Metal'、虎耳草 <i>Saxifraga stolonifera</i> 、花叶蔓长春花 <i>Vinca major</i> 'Variegata'、银叶菊 <i>Jacobaea maritima</i> 、裂叶锥托泽兰 <i>Conoclinium dissectum</i> 、亮晶女贞 <i>Ligustrum quihoui</i> 'Lemon Light'、微型月季 <i>Rosa</i> (Miniature Group)、金叶大花六道木 <i>Abelia × grandiflora</i> 'Francis Mason'、金丝萱草 <i>Carex oshimensis</i> 'Evergold'、青绿萱草 <i>Carex breviculmis</i> 、肾蕨 <i>Nephrolepis cordifolia</i> 、黄金香柳 <i>Melaleuca bracteata</i> 'Revolution Gold'、花叶香桃木 <i>Myrtus communis</i> 'Variegata'、狐尾天门冬 <i>Asparagus densiflorus</i> 'Myersii'、火焰南天竹 <i>Nandina domestica</i> 'Firepower'、草莓田粉红溲疏 <i>Deutzia rubens</i> 'Strawberry Fields'
II 蜜源花园	蓝雪花 <i>Ceratostigma plumbaginoides</i> 、幻紫鼠尾草 <i>Salvia guaranitica</i> 'Purple Majesty'、重金柳枝稷、黄金络石 <i>Trachelospermum asiaticum</i> 'Ougon Nishiki'、花叶蔓长春花、玫瑰欧洲荚蒾 <i>Viburnum opulus</i> 'Roseum'、黄金菊 <i>Euryops pectinatus</i> 、银叶菊、野菊 <i>Chrysanthemum indicum</i> 、裂叶锥托泽兰、蓝花草 <i>Ruellia simplex</i> 、山桃草 <i>Oenothera lindheimeri</i> 、细叶美女樱 <i>Glandularia tenera</i> 、亮晶女贞、微型月季、肾蕨
III 香草花园	大花萱草 <i>Hemerocallis hybridus</i> 、蓝雪花、薄荷 <i>Mentha canadensis</i> 、迷迭香 <i>Rosmarinus officinalis</i> 、幻紫鼠尾草、卡拉多那鼠尾草、绵毛水苏 <i>Stachys byzantina</i> 、薰衣草 <i>Lavandula angustifolia</i> 、银叶菊、山桃草、亮晶女贞、黄金香柳、花叶香桃木、紫叶酢浆草 <i>Oxalis triangularis</i> 'Urpurea'
IV 野趣花园	火炬花、新西兰麻 <i>Phormium colensoi</i> 、金叶石菖蒲 <i>Acorus gramineus</i> 'Ogan'、花叶石菖蒲 <i>Acorus gramineus</i> 'Variegatus'、穗花 <i>Pseudolysimachion spicatum</i> 、矮蒲苇 <i>Cortaderia selloana</i> 'Pumila'、画眉草 <i>Eragrostis pilosa</i> 、小兔子狼尾草 <i>Pennisetum alopecuroides</i> 'Little Bunny'、细叶芒 <i>Miscanthus sinensis</i> 'Gracillimus'、重金柳枝稷、细茎针茅 <i>Nassella tenuissima</i> 、黄金菊、松果菊 <i>Echinacea purpurea</i> 、烟花白色山桃草 <i>Oenothera lindheimeri</i> 'Sparkle White'、亮晶女贞、圆果毛核木 <i>Symphoricarpos orbiculatus</i> 、金叶大花六道木
V 药草花园	大花萱草、穗花、薄荷、多花筋骨草 <i>Ajuga multiflora</i> 、卡拉多那鼠尾草、四月夜林荫鼠尾草、香茶菜 <i>Isodon amethystoides</i> 、虎耳草 <i>Saxifraga stolonifera</i> 、紫花地丁 <i>Viola philippica</i> 、大吴风草 <i>Farfugium japonicum</i> 、野菊、虎杖 <i>Reynoutria japonica</i> 、金荞麦 <i>Fagopyrum dibotrys</i> 、贯众 <i>Cyrtomium fortunei</i> 、小叶栀子 <i>Gardenia jasminoides</i> 、翻白草 <i>Potentilla discolor</i> 、铜钱草 <i>Hydrocotyle vulgaris</i> 、算盘子 <i>Glochidion puberum</i> 、鸢尾 <i>Iris tectorum</i>

浪花园 (VI 和 VII) 则随机种植上述 5 类花园内的植物。本研究除选取上海同济大学四平路校区运筹楼屋顶花园为研究对象外, 还选择 2 块向日葵田 (VIII 和 IX) 作为对照地块。

1.2 研究方法

本研究结合照片和实地参观评价, 选择在 4 月 24 日、5 月 15 日和 6 月 7 日晴朗少云的下午 16:30—18:00 拍摄景观照片。使用 FUJIFILM-X-T30 相机, 配备 M OIS 镜头。总计拍摄了 345 张照片, 筛选出能够反映地块整体特征, 高度角度及光照条件相似且无行人杂物的照片, 最终保留了 27 张 (每个地块 3 个角度的照片, 共计 9 组), 用于评价分析。

1.2.1 SBE 法

SBE 法是由 Daniel 和 Boster 于 1976 年提出的一种结合心理物理学的评价方法^[8], 能科学地将主客观因素数学化关联^[13]。问卷调查在分类采集受访者的基本信息后, 要求受访者通过李克特 7 级量表, 对 9 个地块的美景度按印象进行评分。笔者收集了教师、学生和校园工作人员对屋顶花园植物景观的个人审美评分, 随后对数据进行了标准化处理以平衡个体差异^[11, 14], 标准化公式如下:

$$Z_{ij} = (R_{ij} - R_j) / S_j \quad (1)$$

式 (1) 中, Z_{ij} 代表第 i 位评价者对第 j 张照片评价的标准化值; R_{ij} 代表第 i 位评判者对第 j 张照片的美景度评价; R_j 为第 j 位评判者对全部样本美景度评价的平均值, S_j 为第 j 位评判者对全部样本美景度评价的标准差。

1.2.2 BIB-LCJ 法

BIB-LCJ 法, 又称审美评判测量法或平衡不完全区组设计 - 比较评判法, 结合了 SBE 法和比较评判法^[15], 广泛用于植物美景度的评价^[16], 可靠性高并能准确反映公众的审美态度^[17]。

参照中国科学院数学所设计的 BIB 表, 将 9 张全局照片按照 3×3 矩阵的方式进行 4 次编排^[18]。评价通过问卷星和线下调研, 让参与者对同组照片进行排序。最后利用实验心理的等级排列法, 以最终得到的 T 值反映屋顶花园植物景观美景度, 具体计算

步骤如下:

参与者对每个植物景观样本按照 3 级进行排列, 最佳对应 1 级, 最差对应 3 级。在所有评价人群中, 将该样本选为该等级的人数称为此等级的等级人数, 而该样本各个等级与相应等级人数的乘积相加的总和则称为等级和 (A)^[19]。利用频率矩阵的方法计算得出选择分数的百分率, 得出平均等级 MR , 公式如下:

$$MR = A/n \quad (2)$$

式 (2) 中, n 代表总次数, 即各个群体的总人数。

最终以平均选择等级的修正值 T 作为各样地的美景度衡量值, 公式如下:

$$T = 3 - MR \quad (3)$$

1.2.3 SD 法

SD 法, 即语义差异法或感受记录法, 由美国心理学家 C.E.Osgood 提出, 利用形容词评价景观视觉效果, 以量化心理感知^[20-21]。

参考相关研究^[22], 本研究选定 2 组共 14 对形容词 (表 2)。遵循“二级性”原理, 使用 5 级评分尺度 (-2~2) 来定量分析受访者对样本景观环境特征的感知。

2 结果与分析

2.1 屋顶花园美景度要素

参考过往植物景观美景度研究^[9, 12]以及现场照片, 将影响屋顶花园植物景观的要素分为 10 种: 植物色彩丰富



图 1 运筹楼屋顶九个主题花园

Fig.1 Nine themed gardens on the rooftop of the Yunchou Building

度、群落层次丰富度、高低对比、植物生长态势、植物种类丰富度、开花植物数量、植被覆盖度、异质体、枯亡植物和花香气味(表3)。

本研究共邀请了14位风景园林行业专家对9个地块进行了评分。结果显示,悠然花园(平均得分7.45)、蜜源花园(平均得分7.10)和野趣花园(平均得分7.10)因其植物种类丰富、植物生长态势良好、开花植物数量多、植被覆盖度高而获得较高评价。

2.2 SBE法结果与分析

2.2.1 标准化计算

问卷星和线下调查共获得了150份问卷,其中有效问卷为145份,专业组有效问卷38份,非专业组有效问卷107份。分析显示,美景度评分平均值范围为-0.398~0.445(表4)。SBE值主要集中在-1~1(“比较不喜欢”~“比较喜欢”),这表明校内师生对屋顶花园的喜好程度一般。

比较专业和非专业人士的SBE平均值发现,专业组对悠然花园和蜜源花园的评价更高,而对向日葵地块的评价较低。两组人员最明显的分歧在野趣花园,专业组的评价较高,而非专业组给出了负面评价。这表明专业人士的评价可能更侧重于景观的复杂性和专业标准,而非专业人群的评价更受个人喜好和直观感受影响。

2.2.2 景观因子分解

基于14位专家的评分,通过将景观要素评分进行汇总和平均,得到了景观因素的量化值。然后,以样地的SBE

标准化平均值Z作为因变量,专家评分值作为自变量,建立回归模型。通过SPSS22.0进行相关性分析,经过6次计算获得了景观要素之间的偏相关系数^[23],筛选出对屋顶花园SBE值影响显著的5个因子:植物色彩丰富度X1(偏相关系数值为0.952)、群落层次丰富度X2(偏相关系数值为0.999)、植物种类丰富度X5(偏相关系数值为0.981)、开花植物数量X6(偏相关系数值为0.950)和花香气味X10(偏相关系数值为0.902),运用回归方程建立模型: $Z=-1.902-0.231X1-0.758X2+0.761X5+0.386X6+0.092X10$ 。

通过回归方程的分析发现,屋顶花园植物色彩丰富度与SBE值呈负相关,即过于丰富的色彩可能导致视觉混乱,影响整体美感。因此,植物色彩应追求和谐与平衡,避免过度多样性。同样,群落层次丰富度与SBE值也呈负相关,表明层次过于复杂的植物群落可能使景观显得杂乱,影响视觉体验。因此,植物配置应适度控制层次,追求清晰合理的结构。与此相反,植物种类丰富度与SBE值呈正相关,增加植物种类的多样性有助于提高景观美观度,带来更丰富的视觉体验。开花植物数量与SBE值呈正相关,增加开花植物的数量可以提升景观美观度,吸引观者注意力。尽管花香气味与SBE值的相关系数较小,但仍显示出正相关的趋势,表明花香气味的提供可以为景观增添独特魅力。

综上所述,屋顶花园设计应适度控制植物色彩和群落层次的丰富度,同时增加植物种类和开花植物的数量,并合理

表2 屋顶花园植物景观评价的SD因子及形容词对

Tab.2 SD factors and adjective pairs for evaluating rooftop garden plant landscapes

分类	编号	评价项目	评价因子
植物群落特征	1	植物种类丰富度	单一的-多样的
	2	群落层次	杂乱无章-层次分明
	3	高低对比	无明显对比-有明显对比
	4	色彩丰富度	色彩单调-色彩丰富
	5	植物生长态势	长势较差-长势旺盛
	6	开花植物数量	较少的-较多的
	7	植被覆盖度	有明显裸露-植被覆盖率高
	8	异质体	不协调的-协调的
	9	枯亡植物	明显的-不明显的
景观感受	10	第一印象	印象差-印象好
	11	吸引力	无吸引力-有吸引力
	12	新奇感	无新奇感-新奇感强
	13	美感度	缺乏美感-充满美感
	14	地方特色	无地方特色-地方特色强

注:“枯亡植物”指志愿者管理不善导致的部分植物枯亡。

表3 屋顶花园植物景观要素及评分标准

Tab.3 Plant landscape elements and scoring criteria in rooftop gardens

代号	景观要素	要素评分标准		
		1~3分	4~6分	7~10分
X1	植物色彩丰富度	≤2种	2~5种	≥6种
X2	群落层次丰富度	只有草/灌/地被	灌草结合/地草结合/地灌结合	灌、草、地结合
X3	高低对比	较差	一般	较好
X4	植物生长态势	较差	一般	较好
X5	植物种类丰富度	≤3种	4~7种	8~12种
X6	开花植物数量	<20%	20%~50%	51%~80%
X7	植被覆盖度	<45%	45%~60%	61%~75%
X8	异质体	存在	改良或与景物相融	不存在
X9	枯亡植物	明显	局部存在	几乎不存在
X10	花香气味	几乎没有	有很淡香气	有明显香气

利用花香气味, 以提升整体景观的美观度。

2.3 BIB-LCJ 法结果与分析

2.3.1 平均等级

研究共收回了 154 份有效问卷, 其中包括 38 份专业相关师生 (以下简称“专业组”) 和 116 份非专业相关师生 (以下简称“非专业组”) 的问卷。通过频率矩阵反映各评价群体对每个样本的评价等级情况, 并计算出平均选择等级 $MR^{[24]}$ (表 5)。结果显示, 悠然花园的 MR 值在专业组和非专业组中最低, 分别为 1.302 6 和 1.472 0; 而向日葵田 I 和向日葵田 II 的 MR 值分别在专业组和非专业组中最高, 分别为 2.625 0 和 2.375 0。

2.3.2 美景度评价

本研究采用了修正值 T 作为各样本的美景度量值 (表 6)。根据 Shapiro-wilk 检验结果发现, 数据符合正态分布, 表明分析及结论具有可靠性。悠然花园、蜜源花园和野趣花园因种植结构丰富、色彩鲜明与花量多等特点, 评分较高, 而 2 块向日葵田因种植结构单一和缺乏景观设计等因素评分较低。

2.3.3 不同群体审美差异

专业组和非专业组对于 5 个地块的评价趋于一致, 但在部分地块上存在显著差异。这些差异可能与他们的专业背景和审美偏好有关。根据不同类型人群的修正值 T 与标准差 (专

业组标准差 =0.175; 非专业组标准差 =0.058), 将 9 个地块分为优秀、中等与差地块 (表 7)。

通过对优秀地块的分析发现, 专业组和非专业组共同偏爱的 3 个花园 (悠然花园、蜜源花园和野趣花园) 具备以下特征: 开花植物数量多、花香气味浓郁、植物种类丰富、植物覆盖度高和植物颜色丰富。这表明, 在花园设计中, 注重植物的多样性和生态性, 同时考虑审美需求, 是提升花园美景度的重要途径。然而, 非专业组偏爱药草花园, 可能因为他们更注重整体感受和环境氛围。药草花园独特的种植和布局风格, 营造出郁郁葱葱且生机勃勃的视觉效果, 因此受到非专业组的青睐。此外, 对于评价为中等的地块, 专业组和非专业组略有不同, 进一步证实了不同人群在审美偏好和评价标准上的差异。因此, 在花园设计和评价中, 需要更加关注不同人群的需求和偏好, 以实现更广泛和深入的认同。

2.4 SD 法结果与分析

2.4.1 美景度评价

鉴于屋顶花园的使用对象涵盖不同专业的学生和教职工, 不同群体对景观环境的描述和评价存在一定差异, 本研究共招募了 50 名评价者, 其中专业组 30 人, 非专业组 20 人。

根据 9 个地块的评价得分绘制了 SD 评价曲线图, 直观比较各地块在 14 个评分项上的表现 (图 2)。总体而言, 植物景观呈现出长势旺盛、枯亡植物不明显、植被覆盖率高特点, 3 个相关要素的平均得分依次为 0.745、0.679、0.541; 而植物景观的高低对比度不明显, 地方特色较弱, 2 个相关要素的平均得分仅依次为 0.117 和 0.156。受访者在感知屋顶花园的植物群落特征方面存在较大差异, 尤其是在植物种类丰富度、色彩丰富度、植被覆盖率和高低对比度方面。相比之下, 受访者对各地块的景观感受差异较小, 特别是在感知地方特色方面, 得分极差仅为 0.299。

对比各地块的评价曲线与平均得分曲线的分布位置发现, 向日葵田 I、向日葵田 II、香草花园和药草花园主要位于平均值曲线的左侧, 更倾向于较为负面的形容词, 总体感知特征偏负向, 植物景观效果不佳。流浪花园 (北) 和野趣花园主要倾向较为积极的形容词, 总体感知特征偏正向, 景观效果较佳。蜜源花园、悠然花园和流浪花园 (南) 的评价倾向左右结合, 存在部分劣势项。

表 4 屋顶花园植物景观美景度 SBE 平均评分

Tab.4 Average SBE scores of the scenic beauty of rooftop garden plant landscapes

样地编号	平均值 Z	专业师生平均值	非专业师生平均值
I	0.445	0.707	0.352
II	0.399	0.476	0.371
III	0.080	0.105	0.071
IV	0.072	0.503	-0.082
V	0.027	-0.061	0.058
VI	-0.059	-0.259	0.011
VII	-0.251	-0.265	-0.246
VIII	-0.313	-0.549	-0.229
IX	-0.398	-0.658	-0.306

表 5 各评价群体对屋顶花园样本的平均选择等级 MR

Tab.5 Average selection ratings of rooftop garden samples by different evaluation groups

群体	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
专业组	1.302 6	1.638 1	2.125 0	1.322 4	1.842 1	2.289 5	2.184 2	2.625 0	2.605 3
非专业组	1.472 0	1.588 4	1.941 8	1.816 8	1.959 1	2.303 9	2.211 2	2.288 8	2.375 0

2.4.2 植物群落特征因子

本研究对植物群落特征的评价内容进行了因子分析。通过主成分分析及方差最大化正交回转法抽出评价因子轴，运用 PASW Statistics 18 软件进行数据处理，对变量的相关系数矩阵进行 KMO 和 BARTLETT 检验，取特征值为 1，KMO 检验值为 0.819，可知屋顶花园植物群落特征的 SD 评价内容适合做因子分析。植物种类丰富度、色彩丰富度、高低对比、群落层次、开花植物数量等描述植物群落组成丰富度和观赏效果多样性的评价因子组成复杂度因子，而植被覆盖度、植物生长态势、异质体、枯亡植物等描述植物群落整体协调性和长势特征的评价因子组成协调性因子（表 8）。

为进一步对屋顶花园各样地进行因子得分评价和对比分析，以各因子的方差贡献率的比重作为权重指标进行加权汇总，依据以下公式计算 2 个公因子的得分和综合得分，同时进行排序分析。

$$F = (36.034 \times F1 + 32.889 \times F2) / 68.922 \quad (4)$$

式 (4) 中， F 表示被访者对屋顶花园植物群落的评分；复杂度因子 $F1$ 、协调性因子 $F2$ 为各因子的得分。

根据计算结果，综合得分最高的是野趣花园，其次为悠然花园和流浪花园（北）。野趣花园在植物景观的复杂度和协调性方面表现出色，因此整体景观效果较好；悠然花园相对于流浪花园（北）在复杂度因子上更为突出，但两者均存在协调性不高的问题。此外，向日葵田 I 与向日葵田 II 的评价结果存在差异，主要是由于二者在总体生长状况及开花植物数量方面存在一定差异（表 9）。

3 结论

屋顶花园作为校园绿色空间的一种特殊形式，兼具独立性和开放性，为高校师生带来了多重的文化、生态和社会效益。其不仅拓展了室内教学场所，提供了劳动教育和社团活

表 6 屋顶花园美景度 BIB-LCJ 法评估值
Tab.6 BIB-LCJ method scenic beauty assessment values of rooftop gardens

样地编号	综合		专业组 T 值	非专业组 T 值
	排名	综合 T 值		
I	1	1.5704	1.6974	1.5280
II	2	1.3990	1.3619	1.4116
IV	3	1.3068	1.6776	1.1832
V	4	1.0702	1.1579	1.0409
III	5	1.0124	0.8750	1.0582
VII	6	0.7956	0.8158	0.7888
VI	7	0.6997	0.7105	0.6961
VIII	8	0.6272	0.3750	0.7112
IX	9	0.5674	0.3947	0.6250

表 7 不同群体美景度评价结果下的地块等级划分
Tab.7 Classification of plots based on scenic beauty evaluation results from different groups

类型	专业组	非专业组
优秀地块	I、II、IV	I、II、IV、V
中等地块	III、V	III
差地块	VI、VII、VIII、IX	VI、VII、VIII、IX

注：优秀地块指美景度值 > 均值 + 标准差；中等地块指均值 - 标准差 < 美景度值 < 均值 + 标准差；差地块指美景度值 < 均值 - 标准差。

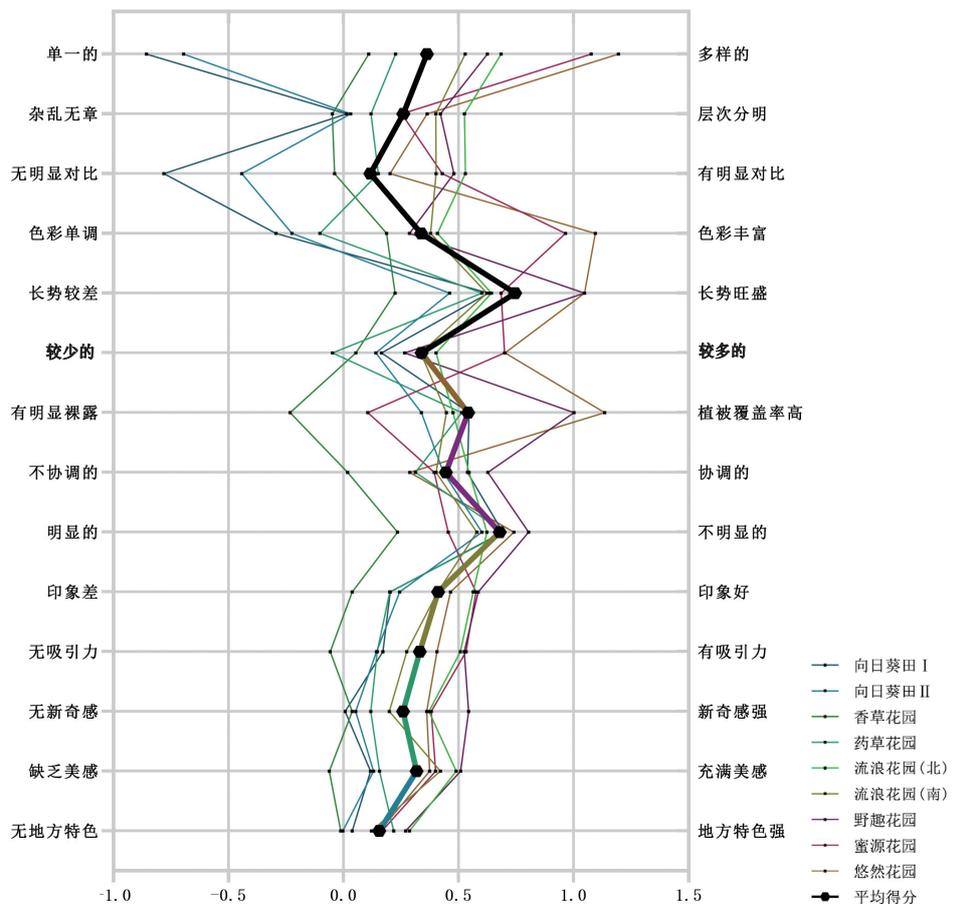


图 2 屋顶花园各地块的 SD 评价曲线
Fig.2 SD evaluation curves of rooftop garden plots

动基地，还成为增进情绪福祉的重要平台，为师生提供了多层次的生态、教育和疗愈体验。本研究运用 SBE 法、BIB-LCJ 法和 SD 法对屋顶花园植物景观进行了综合评估，得到以下结果：

1) 在花园总体美景度评价方面，3 种方法均得出悠然花园和野趣花园的美景度较高。具体来说，悠然花园在 SBE 法中综合得分为 0.445，排名第一；在 BIB-LCJ 法中综合得分 1.570 4，排名第一；在 SD 法中综合得分 1.240，排名第二。而野趣花园在 SBE 法中综合得分 0.072，排名第四；在 BIB-LCJ 法中综合得分 1.306 8，排名第三；在 SD 法中综合得分 1.261，排名第一。相比之下，2 块向日葵田在 3 种评价方法中的排名均较低。这反映了同济大学运筹楼屋顶花园的设计在吸引力方面存在差异。

2) 在因子分析中，SBE 法通过回归方程确定了影响屋顶花园美景度评分的 5 个要素，包括植物色彩丰富度、群落

层次丰富度、植物种类丰富度、开花植物数量和花香气味，此规律在 BIB-LCJ 法和 SD 法中也得到了验证。

3) 在人群分析中，SBE 法和 BIB-LCJ 法都表明景观相关专业师生对美景度评价具有专业性和稳定性。专业相关师生更关注植物色彩、种类和种植结构等因素。

基于上述研究结果，在进行校园屋顶花园的植物群落设计时，需平衡非专业和专业群体的审美需求，确保色彩、植被结构和植物配置合理，保持适量的开花数量。因此，校园屋顶花园美景度的提升应遵循适度原则，具体包括：1) 采用适合屋顶环境的植被结构，重点关注开花植物；2) 规划植物颜色，确定主色调并搭配 1~2 种其他颜色，总色彩种类不超过 5 种，以避免视觉混乱；3) 适当添加设施和小品以丰富景观层次感，但应保持自然的视觉体验；4) 关注嗅觉体验。

此外，通过本研究的实践得到，3 种评价方法在运用于小尺度植物景观评价时，SBE 法适合快速评分，但需优化量表以提高准确性；BIB-LCJ 法强调差异性，但需减少主观影响；SD 法语言逻辑优化，但结果需进一步区分专业与非专业评价。因此，在小尺度植物景观评价中，尤其是在屋顶花园等场景下，主要采用 SBE 法，并结合 BIB-LCJ 法和 SD 法来进行全面的美景度评价，可以有效缩小 3 种评价方法之间的偏差，提高评价的准确性和可靠性。这将有助于更准确地了解屋顶花园及类似小尺度绿地植物景观的美景度，为植物景观的设计和优化提供支持。然而，评价结果还可能受到季节、天气、拍摄角度和技术等因素的影响而出现偏差，未来研究可以考虑应用虚拟现实（VR）和增强现实（AR）技术等手段进行补充。同时建议扩大样本量，以提高评价结果的可信度和实用性。

注：图片均由作者自绘自摄。

参考文献：

[1] 陈静, 王卓霖, 闫红丽, 等. 医院附属花园疗愈功能提升策略研究——以叶家花园为例 [J]. 建筑与文化, 2023 (4) : 247-251.
 [2] 谭少华, 李进. 城市公共绿地的压力释放与精力恢复功能 [J]. 中国园林, 2009, 25 (6) : 79-82.
 [3] 汪滋淞, 杨雪. 基于可持续发展理念的校园屋顶绿化设计及案例研究——以中小学、大学屋顶花园建设实践为例 [J]. 建设科技, 2019 (14) : 31-36.
 [4] 余文想, 李自若. 广州市屋顶栽植可食用植物的适应性评价 [J]. 广东园林, 2019, 41 (4) : 28-33.
 [5] MESIMÄKI M, HAURU K, LEHVÄVIRTA S. Do small green roofs have the possibility to offer recreational and experiential benefits in a dense urban area? A case study in Helsinki, Finland [J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2019, 40: 114-124.
 [6] LEE K E, SARGENT L D, WILLIAMS N S G, et al. Linking green micro-breaks with mood and performance: Mediating roles of coherence and effort [J]. Journal of Environmental Psychology, 2018, 60: 81-88.
 [7] REEVE A, NIEBERLER-WALKER K, DESHA C. Healing gardens in children's hospitals: Reflections on benefits, preferences

表 8 旋转成分矩阵

Tab.8 Rotated component matrix

分类	植物群落特征评价因子	载荷值	
		成分 1	成分 2
复杂度因子	植物种类丰富度	0.913	0.097
	色彩丰富度	0.877	0.182
	高低对比	0.863	0.156
	群落层次	0.639	0.455
	开花植物数量	0.569	0.509
协调性因子	植被覆盖度	0.156	0.829
	植物生长态势	0.297	0.792
	异质体	0.216	0.784
	枯亡植物	0.064	0.706

表 9 植物群落特征各因子得分

Tab.9 Scores of each factor of plant community characteristic

样地编号	复杂度因子 F1	协调性因子 F2	综合得分 F
I	2.243	0.141	1.240
II	1.709	-0.441	0.683
III	0.162	-0.028	0.071
IV	1.803	0.668	1.261
V	0.759	0.645	0.705
VI	1.594	0.132	0.897
VII	1.345	0.185	0.791
VIII	0.126	1.641	0.849
IX	0.142	1.209	0.651

and design from visitors' books [J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2017, 26: 48-56.

[8] 张哲, 潘会堂. 园林植物景观评价研究进展 [J]. 浙江农林大学学报, 2011, 28 (6) : 962-967.

[9] 杨帆, 姚雪晗, 祝荣静, 等. 基于 SBE 法的合肥市蜀山区花境美景度分析 [J]. 合肥学院学报 (综合版), 2020, 37 (4) : 52-56.

[10] 王昕彦. 上海辰山植物园月季园美景度评价 [J]. 广东园林, 2022, 44 (1) : 74-78.

[11] 徐伟振, 张艳钦, 王心怡, 等. 基于 SBE 和 BIB-LCJ 下的城市滨水景观影响因素分析——以莆田市仙游县木兰溪为例 [J]. 安徽农业大学学报, 2022, 49 (1) : 62-68.

[12] 王艳想, 张琳, 李帅, 等. 基于 BIB-LCJ 和 SD 法的郑州园博园城市展园景观研究 [J]. 河南农业大学学报, 2018, 52 (3) : 451-458.

[13] 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 (3) : 148-156.

[14] 田玉辉, 张奕, 王政, 等. 基于 SBE 法和逐步回归法的南阳月季展景观评价 [J]. 黑龙江农业科学, 2021 (11) : 9, 48-54

[15] 俞孔坚. 自然风景质量评价研究——BIB-LCJ 审美评判测量法 [J]. 北京林业大学学报, 1988 (2) : 1-11.

[16] 杨析墨. 基于 BIB-LCJ 法与 SD 法的重庆市区居住小区主入口景观评价与设计 [D]. 重庆: 西南大学, 2021.

[17] 宋建军, 易旺, 张欣, 等. 基于 BIB-LCJ 法的长沙滨水绿地植物景观质量评价 [J]. 绿色科技, 2020 (23) : 20-22.

[18] 贾乃光. 数理统计 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1993.

[19] 刘颖, 周春玲, 安丽娟. 青岛市居住区夏季植物景观评价 [J]. 北方园艺, 2011 (5) : 136-140.

[20] 章俊华. 规划设计学中的调查分析法 16——SD 法 [J]. 中国园林, 2004, 20 (10) : 57-61.

[21] 王德, 朱玮, 王灿. 空间行为分析方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2021.

[22] 杜艳宇, 赵宏波, 叶可陌, 等. 基于 BIB-LCJ 法的杜鹃花景观美景度评价 [J]. 现代园艺, 2022, 45 (19) : 45-48.

[23] 潘淑娟, 徐奕, 张鸽香. 常州紫荆公园 SBE 景观美学评价与解析 [J]. 城乡建设, 2014 (6) : 34-36.

[24] 张劲松. 基于 BIB-LCJ 法及 SD 法的居住小区入口景观美学评价模型构建 [J]. 现代园艺, 2018 (10) : 5-10.

作者简介:

阳光明媚 / 1999 年生 / 女 / 重庆人 / 同济大学建筑与城市规划学院景观学系 (上海 200092) / 在读硕士研究生 / 专业方向为风景园林植物规划设计

林泳宜 / 1998 年生 / 女 / 福建福州人 / 同济大学建筑与城市规划学院景观学系 (上海 200092) / 在读硕士研究生 / 专业方向为城市生态与风景园林植物规划设计

金堇惠 / 1997 年生 / 女 / 江苏南京人 / 硕士 / 同济大学艺术与传媒学院 (上海 200092) / 科研助理 / 专业方向为艺术设计与艺术疗愈

(* 通信作者) 陈静 / 1980 年生 / 女 / 江苏扬州人 / 博士 / 同济大学建筑与城市规划学院景观学系、上海市城市更新及其空间优化技术重点实验室、同济大学高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室 (上海 200092) / 副教授, 博士生导师 / 研究方向为城市更新、城市生态多样性与风景园林规划设计 / E-mail: jingchen@tongji.edu.cn