西安环城西苑植物景观视觉质量评价*

张文婷 王 欢 刘君君

长安大学建筑学院 西安 710061

摘要：【目的】构建主客观协同的综合评价模型，系统解析影响视觉质量的关键因子，为历史城区植物景观的精细化营造提供理论支撑与实践参考。【方法】以西安环城公园西苑段的 32 处植物景观为研究对象，综合运用眼动分析法、美景度评价法（SBE）及语义差异法（SD 法），构建主客观相结合的综合评价模型，对其视觉质量进行定量与定性分析。【结果】影响视觉质量的显著因子包括景观特征因子（色彩丰富度 0.427、环境协调度 0.253、植物景观特色度 0.379）和眼动因子（总注视时间 0.525、注视次数 0.234）。【结论】垂直层次丰富的复合植物结构能显著提升视觉吸引力，色彩丰富度是决定视觉质量的核心因素，而融入地域文化符号的特色景观元素能有效捕获并引导视觉注意。未来研究可引入季相变化，探讨景观视觉质量的动态特征，为历史城区植物景观全周期设计与维护提供更全面的理论指导。

关键词：植物景观；主观评价法；眼动分析；景观视觉质量评价；综合评价模型

DOI：10.12169/zgcsly.2024.12.23.0002

Visual Quality Evaluation of Plant Landscapes in Xiyuan Around the City of Xi'an

Zhang Wenting Wang Huan Liu Junjun

(School of Architecture, Chang'an University, Xi'an 710061, China)

Abstract: 【Objective】 Formulating a co-evaluative model incorporating subjective perception and objective metrics to systematically unravel the principal factors impacting visual quality, thereby generating theoretical substantiation and practical direction for the nuanced creation of plant landscapes in historical urban contexts. 【Method】 This study assessed the visual quality of 32 plant landscapes in the Xiyuan section of Xi'an Huancheng Park using eye movement analysis, Scenic Beauty Estimation (SBE), and the Semantic Differential Method (SD) to construct a comprehensive evaluation model that combines subjective and objective assessments for quantitative and qualitative analysis of visual quality. 【Result】 Significant factors affecting visual quality include landscape characteristic factors (color richness 0.427, environmental harmony 0.253, plant landscape uniqueness 0.379) and eye movement factors (total fixation time 0.525, number of fixations 0.234). 【Conclusion】 Vertically stratified phytocompositions significantly enhance visual preference, with color richness being a key factor in determining visual quality. Landscape elements that incorporate regional cultural symbols can effectively capture and guide visual attention. Future research could introduce seasonal changes to explore the dynamic characteristics of landscape visual quality, providing more comprehensive theoretical guidance for the design and maintenance of plant landscapes in historic districts throughout their entire life cycle.

Keywords: Plant landscape; subjective evaluation method; eye movement analysis; landscape visual quality evaluation; comprehensive evaluation model

收稿日期：2024-12-23

* 基金项目：中央高校基本科研业务费项目（300102414105）

第一作者：张文婷（1989-），女，博士，副教授，硕士生导师，研究方向为风景园林规划与设计。E-mail：zwt@ chd. edu. cn

植物景观作为公园景观的核心要素，不仅具有调节城市微气候、营造宜居环境的功能[1]，更是城市历史文脉传承与风貌展示的重要载体[2]。通过植物色彩、形态与空间层次的有机组合，可激发观者的审美感知与情感共鸣。在植物景观规划与优化过程中，科学系统的视觉质量评价体系对提升城市环境品质、满足公众审美需求具有关键作用[3]。

近年来，植物景观研究呈现多维度深化趋势：早期研究主要聚焦植物群落的生态功能与配置模式，如生物多样性维持[4]、碳汇效益[5]等；随着人居环境科学的发展，研究重心逐步转向景观美学价值解析，如视觉感知[6]、文化意象[7]、心理恢复[8-9]等。视觉质量作为衔接景观物质形态与人类审美体验的核心维度已成为多学科交叉研究热点[10]。国际研究前沿集中在 3 大层面：1）视觉感知机制解析，如基于景观信息模型的视觉吸引要素量化[11]；2）评价技术创新，从传统问卷调查向脑电（EEG）、虚拟现实（VR）等多模态数据融合演进[12]；3）动态评价体系构建，强调季相变化、观察视点等时空要素对评价结果的影响[13-14]。国内研究虽在评价方法本土化方面取得进展，但仍存在理论框架碎片化、定量模型普适性不足等问题，尤其缺乏对历史城区植物景观地域特色与文脉关联的系统性研究[15]。

西安环城西苑作为依托明城墙建设的带状公园，承载着古城历史记忆与空间叙事功能。现有研究多集中于西安市公园植物配置及技术分析[16]，对其整体视觉质量的量化评价尚存空白。本研究创新性地融合主观评价法（SBE/SD 法）与客观眼动试验技术，构建主客观协同的综合评价模型，系统解析影响视觉质量的关键因子，揭示乔灌草复合结构的视觉优势机制，以期为历史城区植物景观的精细化营造提供理论支撑与实践参考。

1 研究区概况

西安环城西苑作为西安环城公园的组成部分，是依托明代古城墙建设的带状城市公园，全长 2.8 km，占地面积 25 hm^2，空间布局上划分为北、中、南 3 段。公园以“墙-林-水-城”一体化为设计理念，兼具历史风貌保护、市民休闲游憩与生态修复功能。通过实地调研与植被普查，共记录常见植物 94 种，隶属 39 科 80 属，生活型构成呈现以下特征（表 1）。

表 1 西安环城西苑常见植物生活型构成

生活型	习性分类	种数（种）	占比/%
乔木	常绿乔木	50	53.19
	落叶乔木		
灌木	常绿灌木	24	25.53
	落叶灌木		
藤本	—	4	4.26
草木	—	16	17.02

2 研究方法

2.1 数据采集

选择植物生长稳定期（2023 年 3—5 月）进行数据采集，避开极端天气与落叶期以确保植物形态完整性和季相特征代表性。拍摄时段为 10：00—14：30，选择晴天无云天气（光照强度 10 000 lux）以消除阴影干扰。采用三脚架固定相机高度为 1.5 m（模拟成人平视视角），镜头焦距统一为 35 mm（等效人眼视野）。每个样点按正视角、斜视角（45°）及特写（距离主体 1 m）多维度拍摄，共获取 867 张原始照片，经 Adobe Lightroom 进行白平衡校准与曝光归一化处理后筛选有效样本。

2.2 评价样片选取

基于景观生态学“格局-过程”理论，采用分层抽样策略：1）空间分层：按北、中、南段划分样区，结合 GIS 网格法（50 m×50 m）确定样点密度；2）结构分层：依据《公园设计规范》（GB51192-2016）分类标准，量化乔草、乔灌草、灌草、全灌 4 种植被垂直结构占比；3）美学筛选：由 3 名风景园林专家采用双盲法评估，剔除构图失衡（黄金分割偏离>15%）、元素干扰（非植物要素占比>10%）及重复场景样本，最终选取 32 张样片，其中北段 8（N1—N8）、中段 12（M1—M12）、南段 12（S1—S12），覆盖所有结构类型且空间分布均匀（图 1）。



图 1　植物景观样片分布

2.3　美景度评价

采用 SBE 法进行美景度评价。采用配额抽样进行问卷调查，覆盖专业群体（风景园林师生占比 40%）与公众群体（周边居民、游客占比 60%）；年龄跨度为 18～65 岁（实际 95%集中于 19～60 岁，M = 32.4，SD = 8.7）；男女比例为 1∶1.2。通过 G * Power 3.1 计算最小样本量（α = 0.05，效应量 = 0.3，Power = 0.8），确定有效样本数≥243 份。

采用 7 级 Likert 量表（－3～3）进行问卷评分，附加视觉模拟标尺（VAS）辅助评分，线上问卷嵌入注意力检测题（如重复图片一致性检验），线下评价在可控光照实验室进行（D65 标准光源）。

采用 Z-score 标准化消除个体偏差，并通过 Cronbach's α > 0.8、ICC > 0.75 检验数据信效度[17]。

2.4　景观要素分解

基于语义差异法（SD 法）筛选 11 组形容词对作为评价因子[18]（表 2），由 32 名风景园林专业师生完成问卷（有效回收率 97%）。评价尺度设置为 5 级（－2～2），汇总数据计算各因子综合平均值。综合平均值 = Σ 每项因子平均值/样本数量。

表 2　景观特征评价因子

序号	评价因子	描述	形容词对
X_1	植物种类多样性	植物种类组成是否丰富多样	种类单一的—种类丰富的
X_2	色彩丰富度	色彩搭配是否足够丰富	色彩单一的—色彩丰富的
X_3	环境协调度	植物景观与周围环境是否协调	不协调的—协调的
X_4	植被显著度	植被在景观中的视觉占有率是否高	绿视率低—绿视率高
X_5	植物景观特色度	是否具有特色，能否留下深刻印象	特色模糊的—特色鲜明的
X_6	视觉吸引力	植物景观整体对视觉的吸引程度	视觉吸引力低—视觉吸引力高
X_7	层次感	是否有复合层次如乔灌草等混合搭配	层次模糊的—层次分明的
X_8	植物生长势	景观中的植物生长是否良好	植物生长势差—植物生长势好
X_9	舒适愉悦度	是否让您感受到舒适愉悦	舒适愉悦度低—舒适愉悦度高
X_{10}	秩序感	植物种植分布是否有序	杂乱的—有序的
X_{11}	可达性	到达植物景观附近的容易程度	空间可达性弱—空间可达性强

2.5　客观眼动试验设计

依据 ISO 9241－210 人机交互标准[19]，采用混合试验设计进行眼动试验。

1）设备校准。EyesoGlasses 眼动仪采样率为 120 Hz，精度为 0.5°，经 9 点校准确保注视点误差<1°视角；实验室照度为 500±50 lux，屏幕亮度为 150 cd · m^{-2}，观察距离为 60 cm（对应视角 30°×23°）。

2）被试控制。招募被试 n = 24（矫正视力≥1.0，无色盲），按专业背景（风景园林/非专业 = 1 ∶ 1）、性别（男/女 = 1 ∶ 1.4）分层匹配，试验前签署知情同意书并接受 10 min 适应性训练。

3）数据提取。采用 Area of Interest（AOI）划分法计算总注视时间（TFD）、注视次数（FC）、首次注视时间（TTFF）等指标。经 FDR 校正筛选不同植物景观类型间具有显著性差异（$P < 0.05$）的眼动行为指标（图 2）。

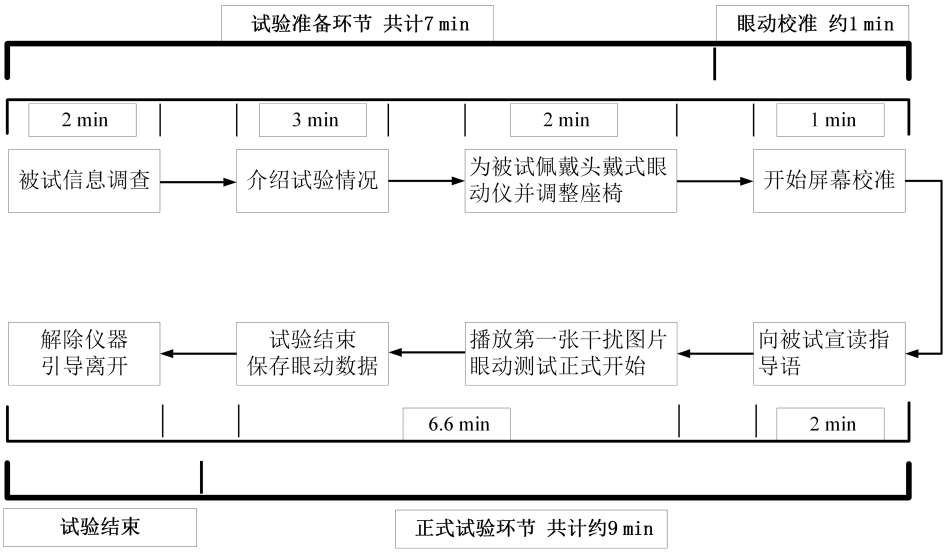


图 2 眼动试验流程

2.6 统计分析

采用 Shapiro-Wilk（S-W）对结果进行正态性检验，利用 SPSS 26.0 以美景度值（SBE）为因变量，景观特征因子与眼动指标为自变量构建多元线性回归模型。通过 Pearson 相关性分析筛选显著变量（$P<0.05$），结合方差膨胀因子（VIF<5）检验多重共线性，最终建立主客观协同的综合评价模型，通过调整 R^2 与 F 值验证模型解释力。

3 结果与分析

3.1 主观评价

3.1.1 美景度评价

经分析，美景度数据信效度良好（Cronbach's $\alpha = 0.900$，KMO = 0.848，Bartlett 检验 $P = 0.000$）。乔灌草复合结构（平均 SBE = 0.226）视觉质量明显优于单一结构（如乔草结构平均 SBE = −0.368），验证了垂直层次多样性对景观吸引力的提升作用（表 3）。排名前 3 的样本（M12、M6、M9）均具有多层次植被覆盖与季相变化特征，而末位样本（N8、N1、N3）因植被层次单一、色彩单调导致视觉疲劳。

3.1.2 景观特征评价

景观特征评价数据信效度达标（Cronbach's $\alpha = 0.879$，KMO = 0.747）。由表 4 可知，X_8 植物生长势、X_4 植被显著度与 X_{11} 可达性得分最高，表明场地植被覆盖完整且空间可达性良好；X_2 色彩丰富度与 X_5 植物景观特色度得分最低，暴露出西安环城西苑内植物季相单调（如乔木占比 53.19%）、植物种类组合与地域文化符号缺失（如古树名木应用不足）的核心问题。

3.1.3 主观评价模型的构建与验证

方差分析结果显示，模型的显著性小于 0.05，VIF 均小于 5，说明不存在共线性问题，模型具有统计学意义。经过回归分析，模型最终保留 4 个自变量，调整后 R^2 为 0.958，表明 4 个变量对西安环城西苑美景度值有 95.8%的影响，分别为色彩丰富度（X_2，$P = 0.015$）、环境协调度（X_3，$P < 0.001$）、植物景观特色度（X_5，$P < 0.001$）、秩序感（X_{10}，$P = 0.038$），对美景度的影响均达到统计学显著水平（$P<0.05$）。依据逐步回归分析筛选得到的 4 个影响因子建立多元线性回归方程：$Y = 0.089 + 0.092X_2 + 0.476X_3 + 0.892X_5 + 0.112X_{10}$。

表 3　32 个样本的美景度评价

样本编号	Y_{SBE}	垂直结构	排名	样本编号	Y_{SBE}	垂直结构	排名
N1	-1.045	乔-草	31	M9	0.688	乔-灌-草	3
N2	-0.616	灌-草	28	M10	-0.154	灌-草	23
N3	-0.987	乔-草	30	M11	0.094	乔-草	18
N4	-0.095	灌-草	21	M12	0.868	乔-灌-草	1
N5	-0.220	乔-灌-草	24	S1	0.148	全灌	14
N6	-0.319	灌-草	25	S2	0.270	乔-草	11
N7	-0.053	灌-草	19	S3	0.464	全灌	7
N8	-1.364	乔-草	32	S4	0.539	乔-草	4
M1	0.101	乔-灌-草	17	S5	0.297	乔-灌-草	10
M2	-0.077	乔-灌-草	20	S6	-0.431	灌-草	27
M3	0.146	乔-灌-草	15	S7	0.518	灌-草	5
M4	0.206	灌-草	12	S8	-0.337	乔-灌-草	26
M5	-0.674	乔-草	29	S9	0.302	乔-草	9
M6	0.737	乔-灌-草	2	S10	-0.114	乔-草	22
M7	0.342	灌-草	8	S11	0.469	乔-灌-草	6
M8	0.141	灌-草	16	S12	0.156	乔-草	13

表 4　32 个样本的景观特征评价

样本	评价因子										
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
N1	-1.355	-1.968	0.258	0.968	-1.032	-1.226	-0.677	1.097	-1.065	-1.065	1.097
N2	1.355	-0.065	-0.516	1.742*	-0.935	-1.097	-0.452	1.161	-0.935	-1.194	0.419
N3	-1.871	-1.548	-0.548	0.548	-1.194	-1.226	-0.419	0.194	-1.161	0.129	0.29
N4	1.645	1.355	0.419	0.968	-0.387	-0.065	0.29	0.484	0.226	-0.419	1.355
N5	0.839	-0.161	-0.032	0.032	-0.548	-0.484	0.613	0.484	-0.323	0	-0.323
N6	-1	-1.484	0.387	0.355	-0.581	-0.484	0.839	0.226	-0.29	1.548	1.677
N7	-0.065	0.032	-0.129	0.581	-0.484	-0.516	0.355	0.774	-0.355	-0.097	0.903
N8	-1.452	-1.742	-0.355	0.774	-1.419	-1.387	-1.032	0.419	-1.226	-1.032	0.968
M1	1.613	1.548*	0.548	1.226	-0.258	0.516	-0.032	1.484	0.355	-0.452	-0.968
M2	1.71	1.484	0.548	0.806	-0.194	0.258	0.839	1.065	0.71	0.161	1.129
M3	1.258	1.129	0.581	1.065	-0.161	0.194	0.484	0.968	0.484	0.323	1.548
M4	1.613	-0.226	0.968	0.742	-0.032	0.194	0.774	0.968	0.323	-0.226	1.613
M5	-1	-1.355	0.29	0.613	-0.935	-0.645	0.258	0.806	-0.71	1.387	-0.935
M6	1.839*	1.258	1.387	1.226	0.065	1.226	0.935	1.387	1.581*	1.097	1.742
M7	1.323	1.065	0.903	0.548	0.226	0.968	0.935	0.548	1.097	1.097	1.548
M8	0.645	-0.935	1.774*	1.194	0.419	1.581*	1.161	0.387	1.548	1.613	1.774*
M9	1.226	-0.194	1.194	0.742	0.355	1.032	0.548	0.484	1.226	0.871	1.645
M10	0.871	0.097	0.613	0.871	-0.258	0.258	0.484	0.935	0.29	0.355	0.258
M11	-0.097	-1.032	1.194	1.581	0.065	0.774	0.968	1.645	1	0.968	-0.097
M12	1.548	0.645	1.484	1.129	0.581*	1.581*	0.645	1.226	1.548	0.645	1.419
S1	0	-1.323	0.903	0.903	-0.065	0.581	0.516	1.129	1.032	0.903	1.419
S2	-0.581	-1.323	1.032	1.065	0.323	0.871	1.065	1.516	1.161	1.516	-0.645
S3	-0.065	0.097	0.871	0.903	-0.161	0.419	0.387	1.032	0.226	1.387	1.323
S4	-0.065	-0.839	0.323	0.226	-0.613	-0.161	0.516	1.839*	0.194	0.355	1.548
S5	1.419	0.258	1.419	1.323	0.258	1.194	0.903	1.194	1.129	1.065	-0.903
S6	-1.677	-1.903	0.065	0.387	-0.032	0.032	0.548	0.581	-0.129	1.129	0.806
S7	1.516	0.097	1.194	1	0.516	1	0.871	1.323	1.226	0.806	1.71
S8	0.452	-0.097	0.452	0.548	-0.323	-0.161	0.065	0.71	0.097	-0.806	1.29
S9	1.387	0.839	1.323	1.419	0.194	1.032	1.129	1.806	1.226	1.355	1.645
S10	-0.387	-0.903	0.903	1.258	-0.774	-0.29	1.032	1.452	0.323	1.29	-0.355
S11	1.645	0.355	1.226	1.323	0.097	1.129	1.258*	1.387	1.419	1.645*	1.645
S12	-0.742	-1.419	0.258	1.29	-0.484	-0.065	1.161	1.516	-0.194	0.71	-1.452
综合平均值	0.423	-0.256	0.688	0.929	-0.184	0.254	0.582	1.011	0.415	0.598	0.865

注：* 为每项景观特征因子的最高得分样本。

根据模型可知，4 个变量对西安环城西苑美景度值的影响程度为植物景观特色度>环境协调度>秩序感>色彩丰富度。模型显示，特色鲜明的文化符号（如古城墙背景下的古柏群落）可使 SBE 值提

升 0.55，而环境协调性不足（如现代设施与历史环境冲突）会导致评分降低 0.34。

3.2 基于眼动数据的植物景观视觉评价

3.2.1 植物景观类型对视觉注意力的差异化影响

对 4 种植物景观的眼动指标进行方差分析（表 5）发现，乔灌草结构的总注视时间（7.5 s）与注视次数（20.9 次）显著高于单一植物结构（$P<0.01$），表明复合结构通过视觉复杂度延长注意力停留；植物景观类型对总注视时间与注视次数具有显著影响。

表 5 不同植物景观类型的眼动指标 ANOVA 方差分析

源	因变量	组内平方和	df	均方	F	Sig
植物景观类型	总注视时间	2.208	3	0.079	4.207	0.014
	平均注视时间	0.036	3	0.001	0.900	0.454
	注视次数	14.929	3	0.533	5.477	0.004
	眼跳次数	17.254	3	0.616	1.877	0.156

3.2.2 视觉热点分布与注视模式的规律

在 4 种类型中各挑选出 2 张具有代表性的热点图和视线轨迹图进行分析（图 3、图 4）发现：中层灌木（65%注视点）与色彩对比区域（如红枫与绿篱）为视觉焦点；70%的注视路径始于特色元素（仿古亭、造型松），随后沿植被层次（乔-灌-草）延伸。色相差异>3 种的植物群落（如银杏-红瑞木-麦冬）回视次数增加 37%，证实色彩多样性可激发视觉探索行为。具备显著特征的植物、造型独特的建筑物以及人类活动区域在植物景观中能够有效且迅速地吸引人们的视线，通过合理配置这些视觉焦点元素，能够优化空间的视觉吸引力和引导性，进而提升整体景观的观赏性和功能性。

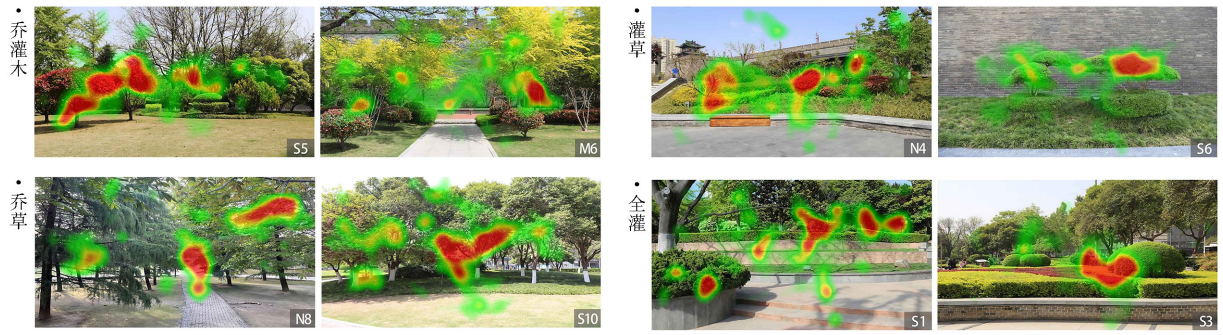


图 3 眼动热点图

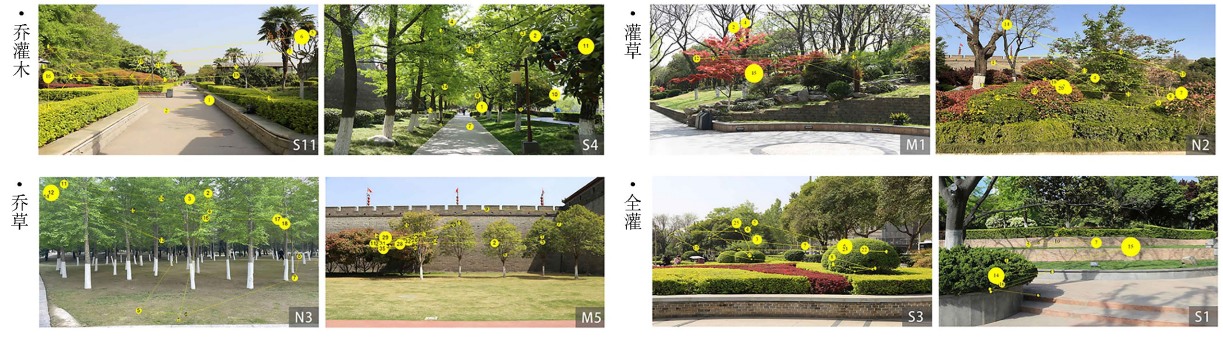


图 4 注视轨迹图

3.2.3 客观眼动评价模型的构建与验证

方差分析结果显示，模型的显著性小于 0.05，VIF 均小于 5，说明不存在共线性问题，模型具有统计学意义。经过回归分析，模型最终保留 2 个变量，调整后 R^2 为 0.614，表明 2 个变量对西安环城西苑美景度值有 61.4%的影响，分别

为总注视时间（X_1，$P=0.022$）、注视次数（X_2，$P=0.044$），均对美景度产生显著影响（$P<0.05$）。依据逐步回归分析筛选得到的 2 个影响因子建立多元线性回归方程：$Y=-10.217+0.742X_1+0.238X_2$

3.3　植物景观视觉质量综合评价模型构建

经过回归分析（表 6），模型最终保留 5 个变量，调整后 R^2 为 0.808，表明 5 个变量可以解释西安环城西苑植物景观美景度的 80.8%的变化原因，分别为总注视时间（X_1）、注视次数（X_2）、环境协调度（X_3）、植物景观特色度（X_4）、色彩丰富度（X_5），具有显著性。依据逐步回归分析筛选得到的 5 个影响因子建立多元线性回归方程：$Y=-4.812+0.525X_1+0.234X_2+0.253X_3+0.379X_4+0.427X_5$。

表 6　回归系数

项目	未标准化系数		标准化系数	t	显著性	VIF
	B	标准错误	Beta			
（常量）	−4.812	1.222		−3.938	0.000	
总注视时间	0.525	0.014	0.299	3.802	0.000	0.737
注视次数	0.234	0.059	0.386	3.937	0.000	0.645
环境协调度	0.253	0.129	0.287	1.963	0.047	0.289
植物景观特色度	0.379	0.161	0.366	2.350	0.026	0.255
色彩丰富度	0.427	0.057	0.401	3.107	0.039	0.486
R 方				0.808		
F				44.464		
P				<0.001		

注：因变量：美景度

4　讨论

4.1　植物景观结构与视觉吸引力的关系

研究发现，在历史城区这一特殊空间环境中，植被配置需要充分考虑场地尺度与视觉感知的协调关系，灌木更适配城墙环境的近人尺度，而高大乔木易造成空间压迫感。眼动数据表明，乔灌草复合结构的视觉优势不仅源于垂直层次数量，更依赖于中层灌木（65%注视点）的视觉锚定作用，通过中层过渡增强植物景观的视觉连续性，延长了观察者的视线停留时间，提高了景观视觉吸引力。而单一层次的植物配置由于缺乏这种过渡性结构，容易造成视线在垂直方向上的断裂，导致视觉体验的碎片化[20]，影响整体景观的协调性。因此，在历史城区的植物景观设计中，应当通过合理配置中层灌木，以发挥其在空间过渡和视线引导方面的价值。

4.2　植物景观视觉质量的核心影响因素

从环境心理学角度看，色彩丰富度（0.427）作为植物景观视觉吸引力的首要影响因子，高饱和度的暖色系（如紫叶李、红枫）植物因其强烈的视觉冲击力，能够有效激活观察者的情绪反应，产生更为积极的景观体验[21]，这种色彩偏好不仅体现在即时视觉反应上，还会影响人们对景观的整体评价和记忆留存。研究对象地处西部，西北地区漫长的冬季景观单调性可能促使人们产生对丰富色彩的补偿性心理需求，因此，在植物景观设计中应当重视地域性色彩特征的表达，创造更具吸引力和认同感的景观环境。

4.3　植物景观视觉认知的行为响应特征

基于眼动的视觉质量评价值能够较好地反应观测者的景观感知。与以往研究主要关注空间距离变化对景观感知的影响不同[22]，本研究通过眼动追踪技术揭示了景观视觉感知的时间阈值效应。当观察者对景观元素的总注视时间超过特定临界值时，其记忆留存效果呈现显著提升，这就是为何特定的景观节点（如唐代纹样绿雕，因其独特的符号学构型特征）能够有效地引起情感唤起能力，形成认知行为响应，产生持续视觉吸引。该发现弥补了传统评价方法忽视时间维度的缺陷，为人机交互系统在景观领域的应用提供了实证支撑。

5 结论

垂直层次丰富的复合植物结构（如乔灌草组合）相较于单一植物结构，能够显著提升景观的视觉吸引力。多层次植被覆盖与季相变化的协同作用是增强景观美学价值的关键因素。植物景观的视觉质量主要由色彩丰富度、环境协调度及植物景观特色度共同决定，地域文化符号的融入与植被层次的空间配置对景观认同感具有重要影响。复杂植物景观通过增加视觉复杂度延长观察者的注意力停留时间，而色彩对比与特色景观元素（如文化标志物）能够有效引导视线路径，激发视觉探索行为。

本研究构建并验证了一套融合主观评价与眼动分析的综合评价模型，为历史城区植物配置、色彩搭配和文化元素融入等设计实践提供明确的、可量化的优化依据。未来研究可引入季相变化，探讨景观视觉质量的动态特征，从而为历史城区植物景观全周期设计与维护提供更全面的理论指导。

参考文献

[1]王新亚.基于数字足迹的植物景观偏好研究:以上海辰山植物园为例[D].天津:天津大学,2021.

[2]龚雨晴.绵阳市城市植物景观风貌研究[D].绵阳:西南科技大学,2021.

[3]黄静,孙新旺.南京紫金山国家森林公园景观美景度评价及影响因素分析[J].中南林业科技大学学报,2024,44(11):146-154.

[4]祁素萍,王兆骞,陈欣.城市园林的生物多样性保护[J].世界林业研究,2004,17(1):31-36.

[5]包志毅,马婕婷.试论低碳植物景观设计和营造[J].中国园林,2011,27(1):7-10.

[6]胡欣之,弓弼,谷宁,等.湘潭市公园绿地复层植物群落视觉景观质量研究[J].西北林学院学报,2016,31(4):298-304.

[7]郑嫣然,刘雷,斯震.景观意象下的诗化符号:基于符号学背景下的地域文化特色探究[J].中国园林,2018,34(8):74-77.

[8]康宁,修美玲.不同植物群落类型的视觉特性对人体心理影响[J].西北林学院学报,2017,32(1):315-320.

[9]邢振杰,康永祥,李明达.园林植物形态对人生理和心理影响研究[J].西北林学院学报,2015,30(2):283-286.

[10]韩嘉文,陶婵.基于 CiteSpace 的我国景观视觉感知研究现状和趋势[J].绿色科技,2024,26(17):28-33,41.

[11]MA X Y,MA C Y,WU C,et al.Measuring human perceptions of streetscapes to better inform urban renewal: a perspective of scene semantic parsing[J].Cities,2021,110:103086.

[12]REN H G,CHENG L,ZHANG J,et al.Emotional design and validation study of human-landscape visual interaction[J].Buildings,2024,14(7):1966.

[13]QIN X C,FANG M J,YANG D X,et al.Quantitative evaluation of attraction intensity of highway landscape visual elements based on dynamic perception[J].Environmental Impact Assessment Review,2023,100:107081.

[14]QI Z,JIN X B,LIANG X Y,et al.A new framework for dynamic visual landscape quality evaluation of greenways based on perceived sensory dimensions: a case study of Chengdu urban greenway[J].Journal of Environmental Management,2024,370:122950.

[15]陈奕多,胡海辉.基于机器学习的历史街区道路植物景观视觉效果评价方法[J].科学技术与工程,2025,25(7):2925-2930.

[16]闫瑞雲.基于文献调研的西安市园林植物应用与配置原则思考[J].绿色科技,2024,26(15):28-34.

[17]刘健行,彭特,刘华,等.基于公众感知的乌龙江东岸江滨复合型绿地景观视觉评价[J].西北林学院学报,2021,36(2):258-265.

[18]王琳,陈东田,韩昕彤,等.济南城市公园草本花卉美景度评价[J].中国城市林业,2023,21(6):151-156.

[19]人机交互工效学第 210 部分:交互系统的以人为本设计:ISO 9241-210:2019[S].国际标准化组织,2019.

[20]李渊,黄竞雄,李渊,等.基于绿视衰减曲线的历史街区步行环境绿视感知评价:以厦门市中山路同文片区为例[J].风景园林,2020,27(11):110-115.

[21]SHEN S G,YAO Y,LI C L.Quantitative study on landscape colors of plant communities in urban parks based on natural color system and M-S theory in Nanjing,China[J].Color Research & Application,2022,47(1):152-163.

[22]张昶,王涵,王成.基于眼动的城市森林景观视觉质量评价及距离变化分析[J].中国城市林业,2020,18(1):6-12.