植物色彩景观视觉感知量化研究进展与展望*

罗媛媛[1,2]　黄　燕[2]　周　晨[1]　张　梁[3]

1　长沙理工大学建筑学院　长沙　410076
2　湖南农业大学东方科技学院　长沙　410128
3　湖南城市学院建筑与城市规划学院　湖南益阳　413000

摘要：植物的色彩具有主观视觉的第一特征，植物色彩景观的品质是园林绿化质量的直接体现。对截至 2022 年 12 月 31 日的国内外相关文献进行回顾和总结，梳理植物色彩景观量化研究的国内外现状进展、前沿热点和发展趋势，结果发现：1）基于色彩量化技术，对植物色彩与人体响应尤其是与视觉响应的关系、植物色彩景观规划设计应用研究是国内外共同的关注重点，“美景度”和“视觉感知”是共同的研究前沿热点。2）植物色彩景观的视觉审美评价方法各有其优势和局限，设计实践多基于色彩调和理论提出植物搭配的方法，或基于色彩的生理、心理感知提出植物品种建议。最后，基于研究现状中存在的问题，从多学科融合选取色彩评价指标、多视角交叉选取视觉感知的评价方法、多方法结合构建植物色彩景观的数字化营造模式 3 方面进行展望。

关键词：视觉感知；植物色彩景观；审美评价；量化研究；CiteSpace 可视化分析
DOI：10.12169/zgcsly.2024.05.29.0001

Quantitative Research on Visual Perceptionof Plant Color Landscape: Progress and Outlook

Luo Yuanyuan[1,2]　Huang Yan[2]　Zhou Chen[1]　Zhang Liang[3]

(1. College of Architecture, Changsha University of Science & Technology, Changsha 410076, China; 2. Orient Science & Technology College, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 3. College of Architecture & Urban Planning, Hunan City University, Yiyang 413000, Hunan, China)

Abstract: The color of plants is the first visual feature that catches the eye, and the quality of plant color landscape is the direct reflection of the garden greening quality. The literature from both national and international databases before 31 December 2022 is reviewed and summarized to reveal the progress, the hotspots and the developing trend of the quantitative research on plant color landscape. The results show that: 1) Based on the color quantification technology, the applied research on the relationship between plant colors and human body's response especially visual response as well as on plant color landscape planning and design is a common focus at home and abroad. Therein, both “scenic beauty” and “visual perception” are the research hotspots; and 2) The visual aesthetics evaluation of plant color landscapes have their own advantages and limitations. Design practices are mostly framed in the theory of color palette to propose methods of plant matching. They also give suggestions for the selection of plant species based on the physiological and psychological perceptions of color. At the end, based on the problems existing in the current research, the prospects are discussed in terms

收稿日期：2024-05-29
*基金项目：教育部人文社会科学研究青年基金项目（24YJC760089）；湖南省教育厅科学研究优秀青年项目（23B0218）。
第一作者：罗媛媛（1985- ），女，博士，副教授，硕士生导师，研究方向为流域景观规划与设计，景观感知与效益评价。E-mail：luoyuanyuan@csust.edu.cn
通信作者：张梁（1986- ），男，硕士，讲师，研究方向为数字景观，乡村景观规划。E-mail：zhangliang08@hncu.edu.cn

of selection of color evaluation indexes through multidisciplinary integration, cross-application of evaluation methods of visual perception from multiple perspectives, and combination of multi-methods to construct the digitalized creation mode of plant color landscape.

Keywords: visual perception; plant color landscape; esthetic evaluation; quantitative research; Citespace visualized analysis

作为景观中最具生命力的构成要素，植物通过色彩、质地、形态等传达美感[1]。当人看到一个物体之初，80%的注意力被色彩吸引。因此，植物的色彩具有主观视觉的第一特征[2]，是影响和衡量景观视觉质量的重要因素之一[3-5]。高品质植物色彩景观，可以触及公众的精神和情感，调动其积极情绪，产生正面影响。以心理物理学理论和色彩调和理论为基础开展的植物色彩景观研究，可为民众的美学欣赏提供明确的理论指导，也能为营造符合公众视觉感知规律的植物色彩景观提供科学依据。植物景观的量化研究和应用是行业发展的必然要求和方向。迄今为止，在景观层面对植物色彩景观的量化研究主要集中在大尺度的森林林相和小尺度的植物单体上，中尺度的植物群落研究成果相对有限[6]。本文旨在梳理国内外研究成果，尝试为植物色彩景观的视觉感知量化研究提供思路。

1 植物色彩景观研究特征

1.1 文献检索

通过 CiteSpace（6.1.R6）对国内外相关文献进行统计分析。选择中国知网（CNKI）学术期刊数据库作为中文文献样本数据来源。以“植物色彩景观”“植物群落色彩”“植物组合色彩”“森林色彩景观”“森林色彩”“林相色彩”“春季植物色彩”“夏季植物色彩”“秋季植物色彩”“冬季植物色彩”进行主题词搜索，检索日期截至 2022 年 12 月 31 日，共检索出文献数据 379 条。对文章篇名、关键词和摘要进行人工查核、筛选后，最终得到 267 篇文献。

选择 Web of Science 核心合集作为英文文献样本数据来源，以主题词结合其他搜索条件进行精确搜索。检索式为（（（（（（（（TS =（plant *））OR TS =（forest *））OR TS =（plant community *））AND TS =（color））AND TS =（landscape））AND DT =（Article））AND LA =（English）），检索日期截至 2022 年 12 月 31 日，共检索出 354 篇文献。对文章篇名、关键词和摘要进行人工查核、筛选后，最终得到 136 篇文献。

1.2 文献特征

1.2.1 植物色彩景观研究的主要内容

对中文文献关键词共现结果进行分析发现，“园林植物”“植物色彩”“色彩”等描述研究范畴的词，以及“景观设计”“园林景观”等专业名词均对研究内容没有指向性，因此不对其进行讨论。国内植物色彩景观的研究内容以植物配置、色彩量化、美景度为主导，以彩叶植物、植物群落、森林为主体，侧重点集中在植物资源应用，以及植物色彩景观的设计、感知和评价上。

对英文文献关键词共现结果进行分析发现，基础专业名词“landscape”和搜索词“color”对研究内容没有指向性，因此不对其进行讨论。国外植物色彩景观的研究内容以生物多样性、景观感知、美景度为主导，以花卉、乔木、森林为主体，侧重点为植物叶片、花的呈色机理，以及植物色彩景观的感知、效益和评价研究。

1.2.2 植物色彩景观研究的前沿热点

由图 1~2 可知，国内植物色彩景观设计与色彩植物资源应用研究时间较早。“艺术”“植物配置”“彩叶植物”“日照”“应用”等词在 2010 年前后突现，形成了阶段性研究热点。植物色彩景观与人体响应，尤其是与视觉响应的关系受到了广泛关注，为当前研究热点。其中，“植物群落”“美景度”“色彩量化”“视觉感知”等词于 2017—2020 年突现，并正延续其热点趋势；“色彩量化”的突现强度最大，其次是“美景度”；“植物群落”的突现持续周期最长（2017—2022 年），其次是“美景度”（2018—2022 年）；“视觉感知”的出现时间最早（2013 年）。由此可推断，基于视觉响应的植物群落色彩景观量化研究是国内值得重点关注的研究分支和前沿热点，研究对象偏向于中观尺度的植物群落。

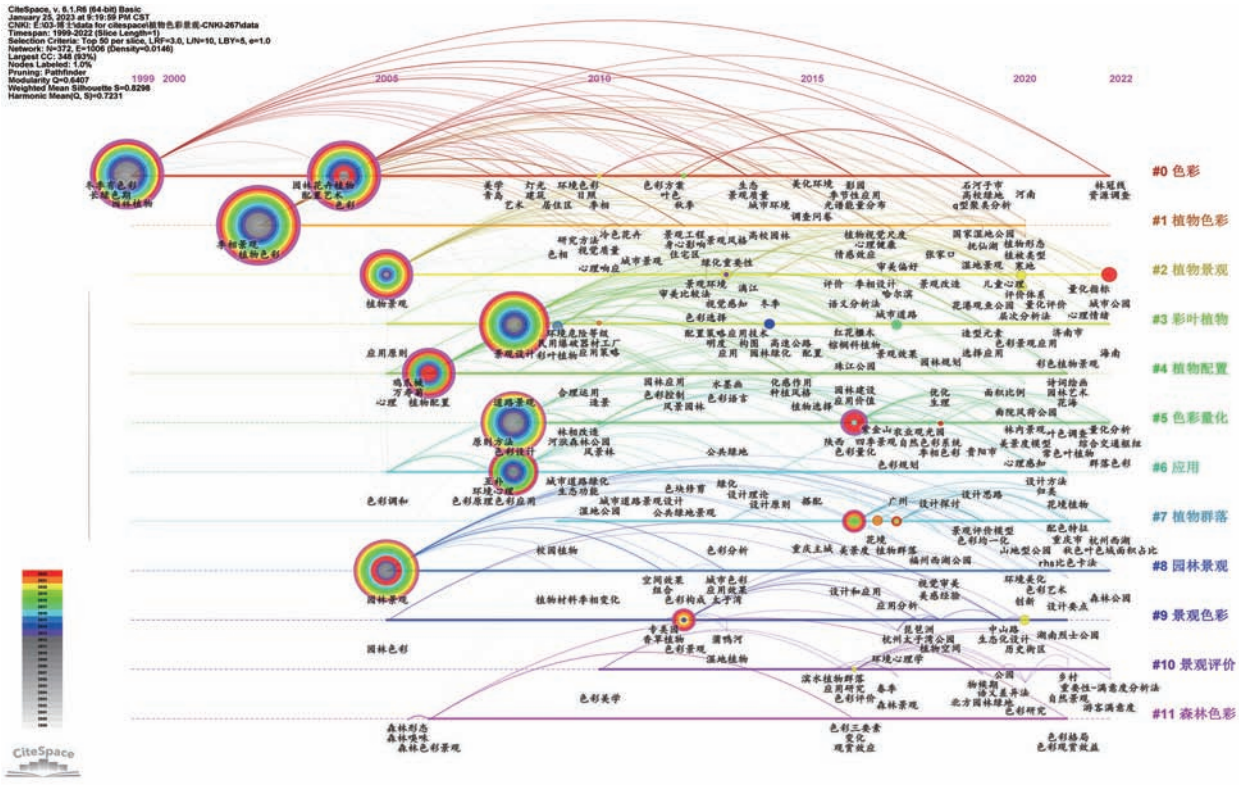


图 1　中文文献关键词时线图谱

Top 20 Keywords with the Strongest Citation Bursts

Keywords	Year	Strength	Begin	End	1999—2022
园林植物	1999	1.68	2007	2008	
艺术	2008	1.13	2008	2011	
植物配置	2006	4.11	2009	2012	
彩叶植物	2009	1.3	2009	2010	
日照	2010	1.23	2010	2011	
视觉质量	2010	1.23	2010	2011	
色彩	2004	3.76	2011	2012	
风景园林	2012	1.12	2012	2013	
应用	2013	1.52	2013	2015	
园林景观	2005	3.77	2014	2015	
风景林	2010	1.48	2016	2017	
滨水植物群落	2016	1.09	2016	2017	
植物群落	2017	1.48	2017	2022	
环境心理学	2017	1.12	2017	2018	
审美偏好	2017	1.09	2017	2020	
美景度	2016	1.82	2018	2022	
景观改造	2018	1.1	2018	2019	
冬季	2014	1.09	2018	2020	
色彩量化	2016	3.62	2020	2022	
视觉感知	2013	1.09	2020	2022	

图 2　中文文献关键词突现图

图 3 显示，除#4 聚类外，其他聚类的形成时间接近。#1leaf development，#6 flower color 仍保有研究的持续性。#0、#5、#8 这 3 个聚类都显示了植物色彩景观与人体响应的关系。聚类 #0 aesthetic preference 为最大聚类，其中的高频关键词 aesthetics，scenic beauty，preference，aesthetic preference 等主要表达了人的视觉审美响应；聚类 #5 forest landscape space 中的关键词 landscape preference，landscape assessment，eye movement，eye tracking 表达了人的视觉生理响应；聚类#8 people-plant interaction 中的关键词 perception，health，response，brain activity，cerebral blood flow，visual quality 等词表达了人的多维度响应。由此可见，植物色彩景观与人体响应的关系研究是重要议题，但在心理和生理响应方面的持续性有所减退，而在视觉响应，尤其是针对森林这一尺度的植物色彩视觉审美偏好研究仍是热点。在关键词突现图（图 4）中，“preference”“perception”“benefit”“visual quality”“tree”“scenic beauty”“urban”等于 2019—2020 年突现并延续到 2022 年。其中“benefit”和“visual quality”的突现强度较大。可以推断，国外研究以定量研究为主，基于视觉感知的植物色彩景观质量和效益研究是重要研究分支，并将延续研究热度，其研究对象偏向于森林这一尺度。此外，侧重于叶、花呈色机理的植物单体研究热度也将持续。

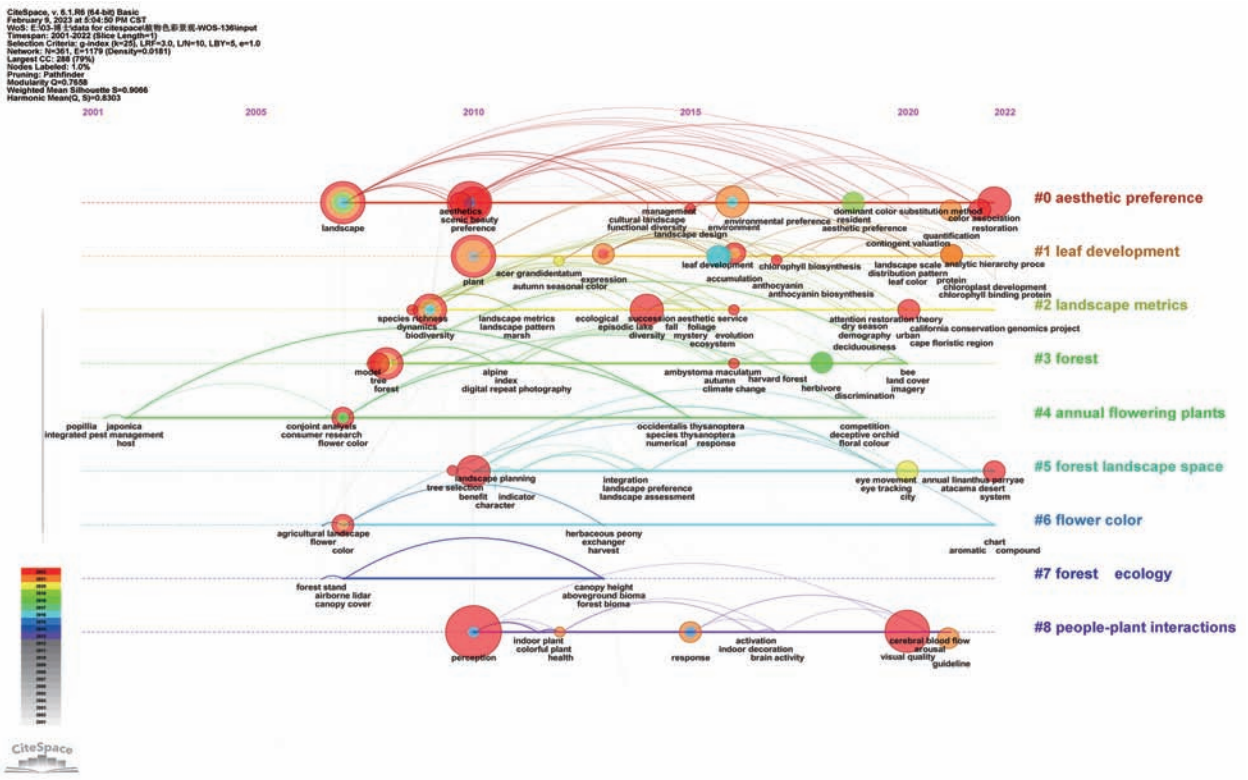


图 3 英文文献关键词时线图谱

Top 20 Keywords with the Strongest Citation Bursts

Keywords	Year	Strength	Begin	End	2001 - 2022
model	2008	1.17	2008	2010	
species richness	2009	1.38	2009	2014	
connectivity	2009	1.15	2009	2011	
digital repeat photography	2011	1.12	2011	2017	
diversity	2014	2.32	2014	2017	
dynamics	2009	1.16	2014	2019	
climate change	2011	1.99	2016	2018	
expression	2013	1.32	2016	2017	
autumn	2016	1.17	2016	2017	
anthocyanin	2017	2.29	2017	2020	
green space	2010	2.05	2017	2020	
arabidopsis thaliana	2017	1.21	2017	2018	
bee	2018	1.99	2018	2020	
bioma	2018	1.16	2018	2019	
perception	2010	1.99	2019	2022	
benefit	2010	2.78	2020	2022	
visual quality	2020	2.43	2020	2022	
tree	2008	2.2	2020	2022	
scenic beauty	2010	1.71	2020	2022	
urban	2020	1.38	2020	2022	

图 4 英文文献关键词突现图

综上所述，国内研究内容主要为植物色彩的景观实践应用，国外研究在植物色彩的基础研究和景观实践应用研究上并重。基于色彩量化技术，对植物色彩与人体响应尤其是与视觉响应的关系是共同关注的重点。虽然国内研究侧重于植物群落，国外研究侧重于森林，但“美景度”和“视觉感知”是共同的突现关键词。基于此结果，下文对植物色彩景观视觉感知量化研究的相关内容进行详细分析。

2 植物色彩景观视觉感知量化研究

目前，植物色彩景观的视觉感知研究包括森林、植物群落和植物单体 3 个尺度。其中对于植物单体这一尺度，本文不讨论其各器官呈色机理，仅讨论其色彩质量评价以及色彩搭配应用。植物色彩景观的视觉感知研究通常针对一个特定的季节展开，如春季[7]、秋季[8-13]、冬季[14]，也有部分研究对四季或三季的植物色彩表现同时进行讨论[15-16]，在色彩量化技术、视觉感知评价和规划设计应用上形成了一系列成果，其中色彩景观的量化技术是研究基础，感知评价是研究核心，规划设计是实践延展。

2.1 色彩量化技术

2.1.1 色彩模型的选择

选择合适的色彩模型是视觉感知定量研究的前提和基础。目前常用的色彩模型有基于物质色彩的绝对计量色彩空间 CIELab 模型、基于视觉刺激叠加形成的混色系统 RGB 模型、基于视觉感受的表色系统 HSB 模型[8,17-18]和 NCS 模型。HSB 色彩空间贴近人眼的色彩感知能力，

其色彩显示和表达的量化过程可以在摄影设备和图像显示设备中完成，两色彩点的距离可通过欧式距离计算，这有利于提取符合人眼鉴别能力的量化色彩[19]。

2.1.2　色彩信息采集与提取方法

目前，对于植物色彩景观的调查、取色和描述尚未形成统一的标准，常用的取色方法有 3 种：比色卡取色法、仪器测量法和相机拍摄取色法。比色卡取色法为近距离对植物的器官进行比对取色，精读不高，易受到操作人员色感影响。常用的比色卡有 NCS[6,20-24]、Munsell[25]、RHS 色卡[26]等。仪器测量法借助于测色仪与植物近距离接触完成取色，精读较高，易受到光线影响[27]。以上两种方法均适用于相对少量的植物器官取色。相机拍照取色法是利用数码相机拍摄植物色彩的真实画面后，利用 Photoshop[28-29]、ColorImpact[11,16]、Matlab[8]、Python[10,17]、R 语言[7]等软件进行取色。该方法简便易行，可完成较大数量的植物色彩采集，但易受到光线、天气、拍摄角度等因素影响，因此在操作过程中需要规范操作以保证其结果的准确性。有研究表明，环境照明和一天中的时间对色彩的感知产生了影响，一天中 10∶00—16∶00 是景观色彩观赏的最佳时机[30]。总之，这 3 种取色方法特点不同，各有利弊，应根据研究目的和对象酌情选择，以最大限度地保证取色的可行性和数据的可靠性。

2.1.3　色彩特征指标选择

森林和植物群落尺度的色彩量化指标主要有 3 类：1）色彩属性类，包括色相、饱和度、明度指标；以及由色相决定的一类指标，如主色相比例、彩叶指数、暖冷对比指数等。2）色彩结构关系类，包括色彩数量、色彩多样性指数、色彩均匀度指数等。3）色彩布局关系类，如主体色、选择色、点缀色等。此外，对森林尺度的研究还包括色彩空间格局类指标，如斑块形状、斑块格局、斑块形状指数、聚合度指数等。

对秋季植物色彩景观的研究相对较多。研究发现，色彩多样性[8,10,15,31]、色彩均匀度[8,10-11,13,15,32]、色相及其相关因素[8-11,13,30,32-33]、冷暖色调及其比例[10,15]，色彩布局[16,34]等指标与秋季植物色彩景观美学质量的相关性较高。在色彩属性中，色相相关指标对美景度的影响高于饱和度和明度[9,33]。因此，色彩多样性、色彩均匀度、色相及其相关因素、冷暖色调及其比例、色彩布局等指标在秋季植物色彩景观研究中可重点关注。

对植物单体尺度的研究主要为提取叶、花、果的色彩属性值，并记录其色彩持续时间、相遇时间等信息，以此为依据评价其色彩景观质量或进行色彩调和理论下的色彩搭配[7,35-36]。

综上可知，植物色彩景观的研究尺度决定了其指标选择的侧重点。森林色彩研究更注重色彩空间格局，植物群落色彩研究更关注色彩的结构与布局关系，而植物单体色彩研究主要侧重于叶、花、果的色彩属性。

2.2　视觉感知评价

目前基于视觉感知的植物色彩景观评价主要为视觉审美评价，包括美景度评价和色彩调和评价两种方法[32]。

2.2.1　美景度评价

美景度评价法（Scenic Beauty Estimation）在植物色彩视觉质量评价中应用广泛[37]，通过对实地拍摄的客观环境和物质色彩进行评价，探究大众对色彩景观的视觉感受和色彩构成规律。

对森林色彩的美景度评价主要集中在秋季，如 Zhang 等[32]、张小晶等[8]、王贤广等[9]、马冰倩等[10]、郑宇等[11]对秋季景观林的色彩质量展开了评价。在植物群落尺度，Li 等[14]，王子梦秋等[38]、杨磊等[16]、赵秋月等[39]、史可等[40]、杨阳等[41]、刘艳伟等[42]对城市公园、高校绿地的植物群落色彩景观展开了评价。值得注意的是，由于美景度是对整体效果的评价，林相、植物群落的其他非色彩特征，如背景环境，植物品种数目、垂直结构层次等都可能影响评价结果。因此在美景度评价前应尽量排除非色彩特征的影响。

在植物单体尺度，杨杰[43]收集了公众对 141 种常见常色叶植物的美景度评价结果，筛选出个体姿态、色彩彩度、色泽明度、彩叶比例和叶色类型 5 个要素，建立了常色叶色彩美景度预测模型。李京怡[44]对湖南省枫香单体秋季景观展开美景度评价，构建了枫香景观的景观质量评价模型，

并找出了枫香叶片呈色机制与美景度之间的关系。

2.2.2 色彩调和评价

对植物色彩的美学研究大多是基于色彩调和理论展开的，定性研究成果较多，定量研究成果较少。目前定量研究主要基于孟塞尔体系的“混合色彩中产生中性灰是色彩和谐的标志”理论和Moon-Spencer（M－S）色彩调和理论。关媛元等[45]基于Munsell色彩调和理论，用Photoshop软件对研究样本进行优化设计。此后有学者采用此方法进行优化设计后进行问卷检验，显示优化后的景观获得了一定的公众认可[46]。Ferenc等[33]、Ou等[47]建立了色彩和谐的量化模型；Shen等[6]利用M-S色彩调和美度评价模型对植物群落与外部环境的色彩和谐度和适宜度展开了评价，该研究是M-S色彩调和理论在植物色彩景观评价上的新尝试，但其样本量较小，且未对影响色彩调和美度的色彩特征展开分析。M-S色彩调和理论弥补了其他理论对配色定量研究的不足，更适合小尺度的色彩研究[48]，可应用于2至N对色彩组合。

2.3 规划设计应用

在当前研究中，较多学者以审美评价为依据，对植物色彩景观的改造和设计提出定量建议。杨磊等[16]提出在植物群落色彩搭配中，应将主色比控制在2：3，色彩数量为4~5种，多选择互为邻补色的植物进行组合。王贤广等[9]认为林地色相对比度最佳值为36~72，浙西南山地秋季景观林的最优色彩构成模式为绿色比50%~60%、黄色比0~10%、红色比30%~40%。赵秋月等[39]认为植物群落色彩数量为4~5种，绿色比为41~58%，主色比为56%~66%时，其色彩美景质量较高。郑宇等[11]认为陕西金丝大峡谷国家森林公园的色块斑块主色调为黄棕色、黄绿色、红棕色，其分别占比10.88%、9.33%、8.75%时，更易被大众接受和喜爱。王子等[15]以次优势色块代替和新增色块这两种方法对南京紫金山森林四季色彩进行规划。

3 对当前研究的思考

3.1 研究范畴

目前，森林尺度的研究主要针对森林公园[10-11,17,20]、自然保护区[13,32]与天然林带市、县范围内的区域[8,9,24]；植物群落尺度的研究集中在城市公园和高校绿地[14,16,38-42]；植物单体尺度的研究聚焦于城市中常见的园林植物[43-44]。由此可见，目前植物色彩景观研究主要在城市范畴内展开，旨在探寻公众视觉感知规律和植物景观色彩特征之间的关系，以提升公众对植物景观的满意度和喜爱度。

3.2 存在的问题

植物色彩景观研究正处于快速增长时期，在景观层面，针对植物色彩特征的专类研究已逐步展开，并取得了一系列值得借鉴学习的优秀成果，但也存在以下问题：

1）色彩特征量化指标的选取尚处于探索阶段，没有形成统一标准。色彩特征要素的关系表现为色彩的属性、结构和布局的关系，研究者根据研究尺度和目的选取指标，但往往不够全面，没有覆盖到色彩特征要素的各类关系。此外，指标层次不对等，如表达色相关系的综合性指标（如色相指数）和单独表达具体色相的指标（如红色、绿色等）层次不同，放在一起分析不合理。

2）基于视觉感知的两种评价方法均存在各自的局限性。美景度评价是一

种主观评价，以大众审美偏好为衡量标准，其评价结果缺乏色彩学理论的支撑。色彩调和评价中以色彩心理、色彩调和理论为依据，是一种相对客观的评价方法，但在评价中未考虑到人文风俗、情感、审美偏好的影响因素，其评价结果具有一定的片面性。

3）植物色彩景观的规划设计实践中，数字化的设计与应用研究还处于萌芽和尝试阶段，现有研究成果中主要给出定性的改造和优化建议，或针对部分指标提供取值建议，缺乏科学、可操作性强的数字化设计模式研究。

4 展望

以植物群落为切入点，基于色彩量化技术，从视觉感知评价、数字化设计应用角度开展的色彩景观研究是该领域的重要分支和研究热点。未来研究可聚焦以下3点：

1）多学科融合选取色彩评价指标。融合美

学、色彩学、景观生态学、环境心理学等学科，结合当前研究成果和结论、专家意见和实际情况，合理选取色彩特征指标，尽可能保证指标的准确性、全面性。

2）多视角交叉选取视觉感知评价方法。根据研究尺度和目的，交叉选取、综合运用美景度主观评价、色彩调和客观评价等方法，互补不足，为建立植物色彩特征和视觉响应规律之间的关系提供新思路。

3）多方法结合构建植物色彩景观的数字化营造模式。以视觉感知评价结果为依据，筛选关键色彩特征指标，结合文献分析、统计分析、案例分析等方法，构建数字化营造模式，同时综合考虑植物品种选择和群落搭配，为植物色彩景观规划设计提供新方法。

参考文献

[1]DANIEL T C,VINING J.Methodological issues in the assessment of landscape quality[M]//Behavior and the Natural Environment. Boston,MA:Springer,1983.

[2]TONG Z M,MA Y.Elements of plant color matching in intelligent landscape design [C]//2020 International Conference on Intelligent Design (ICID).IEEE,2020.

[3]HARRIS V,KENDAL D,HAHS A K,et al.Green space context and vegetation complexity shape people's preferences for urban public parks and residential gardens[J].Landscape Research,2018,43(1):150-162.

[4]AHAS R,AASA A,SILM S,et al.Seasonal indicators and seasons of Estonian landscapes[J].Landscape Research,2005,30(2):173-191.

[5]UZUN O,MÜDERRISOĜLU H.Visual landscape quality in landscape planning:Examples of Kars andArdahan cities in Turkey[J].African Journal of Agricultural Research,2011,6(6):1627-1638.

[6]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.

[7]张元康,王秀荣,杨婷,等.贵阳市常见园林植物春季新叶色彩属性变化特征研究[J].西北林学院学报,2019,34(6):208-213.

[8]张小晶,陈娟,李巧玉,等.基于视觉特性的川西亚高山秋季景观林色彩量化及景观美学质量评价[J].应用生态学报,2020,31(1):45-54.

[9]王贤广,王峥嵘,何小勇,等.浙西南秋季林相美景度及其最优颜色构成模式研究[J].南京林业大学学报(自然科学版),2019,43(1):118-126.

[10]马冰倩,徐程扬,崔义.八达岭秋季景观整体色彩组成对美景度的影响[J].西北林学院学报,2018,33(6):258-264.

[11]郑宇,张炜琪,吴倩楠,等.陕西金丝大峡谷国家森林公园秋季景观林色彩量化研究[J].西北林学院学报,2016,31(3):275-280.

[12]叶小曲,王蕾,关恒伟,等.西北地区秋色植物的景观营造与探析:以银川植物园秋景园为例[J].中国园林,2018,34(S1):94-97.

[13]MU Y X,LIN W Y,DIAO X L,et al.Implementation of the visual aesthetic quality of slope forest autumn color change into the configuration of tree species[J].Scientific Reports,2022,12:1034.

[14]LI C L,SHEN S G,DING L.Evaluation of the winter landscape of the plant community of urban park green spaces based on the scenic beautyesitimation method in Yangzhou,China[J].PLoS One,2020,15(10):e0239849.

[15]王子,李明阳.风景林四季景观色彩规划方法研究:以紫金山为例[J].林业资源管理,2017(S1):70-76.

[16]杨磊,王秀荣,李宇其,等.贵阳市观山湖公园植物群落景观色彩定量分析[J].西南林业大学学报(自然科学),2021,41(4):152-161.

[17]曹瑜娟,徐程扬,崔义,等.观景距离和光照条件对黄栌林景观色彩的影响[J].中南林业科技大学学报,2019,39(5):22-29,48.

[18]孟佳,杨庆华,罗火林,等.上海辰山水生植物园植物色彩的数据化分析[J].北方园艺,2017(19):89-94.

[19]ZHANG L,LIN F Z,ZHANG B.A CBIR method based on color-spatial feature[C]//Proceedings of IEEE. IEEE Region 10 Conference. TENCON 99. 'Multimedia Technology for Asia-Pacific Information Infrastructure'.IEEE,1999.

[20]杨阳,唐晓岚,谢楠.基于公众感知的牛首山风景区人工林植物景观视觉评价[J].山东农业大学学报(自然科学版),2018,49(2):199-207.

[21]陈丽飞,李雪滢,陈翠红,等.长春市高校植物秋季色彩调查与 NCS 量化研究[J].西北林学院学报,2019,34(4):246-254,272.

[22]GROSE M J.Green leafcolours in a suburban Australian hotspot:Colour differences exist between exotic trees from far afield compared with local species[J].Landscape and Urban Planning,2016,146:20-28.

[23]XING X Y,HAO P Y,DONG L.Color characteristics of Beijing's regional woody vegetation based on Natural Color System[J].Color Research & Application,2019,44(4):595-612.

[24]贾娜,史久西,秦一心,等.森林色彩景观格局指数与色彩属性指标对观赏效应的影响[J].林业科学,2021,57(2):12-21.

[25]黄茜,陈飞虎.四大色彩体系对比分析研究[J].包装工程,2019,40(8):266-272.
[26]王冬梦,谢珊珊,申雪莹,等.春季城市公园滨水植物群落色彩感受评价[J].西部林业科学,2016,45(1):68-73.
[27]张喆,郄光发,王成,等.多尺度植物色彩表征及其与人体响应的关系[J].生态学报,2017,37(15):5070-5079.
[28]AFSHARI-JOUYBARI H,FARAHNAKY A.Evaluation of Photoshop software potential for food colorimetry[J].Journal of Food Engineering,2011,106(2):170-175.
[29]O'CONNOR Z.Colour harmony revisited[J].Color Research & Application,2010,35(4):267-273.
[30]CHENG Y N,TAN M.The quantitative research of landscape color:a study of Ming Dynasty City Wall in Nanjing[J].Color Research & Application,2018,43(3):436-448.
[31]GAO Y,ZHANG T,ZHANG W K,et al.Research on visual behavior characteristics and cognitive evaluation of different types of forest landscape spaces[J].Urban Forestry & Urban Greening,2020,54:126788.
[32]ZHANG Z,QIE G F,WANG C,et al.Relationship between forest color characteristics and scenic beauty:case study analyzing pictures of mountainous forests at sloped positions in Jiuzhai valley,China[J].Forests,2017,8(3):63.
[33]SZABÓ F,BODROGI P,SCHANDA J.Experimental modeling of colour harmony[J].Color Research & Application,2010,35(1):34-49.
[34]陈嘉婧,刘保国,李睿,等.基于植物群落色彩构成量化分析的植物配置研究[J].河南农业大学学报,2019,53(4):550-556.
[35]冯书楠,岳桦.寒地农业观光园非农生境植物景观季相色彩量化研究[J].东北农业大学学报,2018,49(7):27-37.
[36]岳桦,宋婷婷.哈尔滨市四条道路植物景观季相色彩设计的评价研究[J].北方园艺,2017(3):95-100.
[37]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.
[38]王子梦秋,李侃侃,窦龙.西北高校校园秋季植物色彩研究:以西北农林科技大学校园为例[J].林业科技通讯,2019(6):9-13.
[39]赵秋月,刘健,余坤勇,等.基于SBE法和植物组合色彩量化分析的公园植物配置研究[J].西北林学院学报,2018,33(5):245-251.
[40]史可,左国良,胡海辉.基于公众审美的哈尔滨城市公园植物色彩评价[J].南京林业大学学报(自然科学版),2022,46(1):233-240.
[41]杨阳,唐晓岚,刘澜,等.基于主成分法与美景度法的南京市植物景观质量评价:以6所大学校园为例[J].西北林学院学报,2020,35(4):256-264.
[42]刘艳伟,蔡建国,舒美英.杭州西湖秋季植物群落色彩的定量研究[J].安徽农业大学学报,2022,49(1):56-61.
[43]杨杰.常色叶园林植物叶色色彩量化与景观评价[D].贵阳:贵州大学,2021.
[44]李京怡.湖南省枫香秋季景观评价及影响因子分析[D].长沙:中南林业科技大学,2021.
[45]关媛元,闫红伟,咎世明.Munsell色彩调和理论优化植物景观方法研究[J].沈阳农业大学学报(社会科学版),2013,15(2):229-233.
[46]吕林蔚,辜彬.景观色彩优化方法[J].绿色科技,2015,17(12):116-120.
[47]OU L C,YUAN Y Q,SATO T,et al.Universal models of colour emotion and colour harmony[J].Color Research & Application,2018,43(5):736-748.
[48]杨河莉,苗艳凤.基于色彩调和理论的大学生宿舍家具色彩模型分析[J].林产工业,2022,59(5):41-47,52.