

基于功能分区的景区植物景观评价与营造模式分析——以两江四湖·象山景区为例

Evaluation and Configuration Pattern Analysis of Scenic Plant Landscapes Based on Functional Zoning: A Case Study of Two Rivers and Four Lakes, Elephant Hill Scenic Area

赖星月 黄淑娟* 吴建学 刘丽荣

LAI Xingyue, HUANG Shujuan*, WU Jianxue, LIU Lirong

基金项目: 国家自然科学基金“景边型传统村落空间功能与生态肌理适配耦合研究——以漓江风景名胜区为例”(编号: 52268010); 广西绿色建材与建筑工业化重点实验室开放基金资助项目“传统村落的低碳智慧及其普适性低碳设计方法——以桂林地区传统村落为例”(编号: 桂科能18-J-21-3)

摘要

植物景观作为城市景区山水风貌的重要载体, 在桂林世界级旅游城市建设中发挥关键作用。基于功能分区的植物景观研究有助于更精准地保护风景资源, 提升绿色空间品质。以两江四湖·象山景区为研究区域, 通过 AHP-TOPSIS 法构建植物景观评价体系, 对各功能区进行景观优劣排序及营造模式分析。研究表明, 视觉品质与艺术性是植物景观建设中提升游憩体验的核心要素, 群落健康度和稳定性次之。各分区植物景观质量按相对贴进度排序, 由高到低依次为历史文化区、名山观光区、服务管理区、名居古建区、滨江绿道区、临湖休闲区。基于功能分区总结 5 种适宜各区域的优质植物配置模式, 并提出滨水、山林、文化教育、服务管理 4 种类型区“分区施策、标本兼治”的精细化建设方式。

Abstract

As a vital component of urban scenic landscapes, plant landscapes play a key role in building Guilin into a world-class tourist city. Research on plant landscapes based on functional zoning helps to more precisely protect scenic resources and improve the quality of green spaces. Taking the Two Rivers and Four Lakes, Elephant Hill Scenic Area as the study area, an evaluation system for plant landscapes was constructed using the AHP-TOPSIS method to rank the landscape quality of each functional zone and analyze configuration pattern. The study indicates that visual quality and artistic value are the core elements in enhancing recreational experiences through plant landscape construction, followed by the health and stability of plant communities. The quality of plant landscapes in each zone, ranked by relative closeness in descending order, is as follows: Historical and Cultural Areas, Famous Mountain Sightseeing Areas, Service and Management Areas, Ancient Residential and Architectural Areas, Riverside Greenway Areas, and Lakeside Leisure Areas. Based on functional zoning, five high-quality plant configuration models suitable for each area were summarized, and propose refined configuration pattern of 'targeted measures and addressing both symptoms and root causes' for four types of areas: waterfront, mountain forest, cultural education, and service management.

文章亮点

1) 将 AHP-TOPSIS 法引入喀斯特地貌区这一特殊地域的植物景观评价, 为喀斯特地貌区典型城市景区的研究提供可行的研究范例。2) 构建了生态、美学、公众感知三维指标的植物景观评价体系, 基于功能分区进行评价, 强化研究不同空间单元的差异化功能目标。

关键词

城市景区; 园林植物; 功能分区; 景观评价; 营造模式; 喀斯特

Keywords

Urban scenic areas; Landscape plants; Functional zoning; Landscape evaluation; Configuration pattern; Karst region

收稿日期: 2025-08-06

修回日期: 2025-09-19

在国际旅游胜地建设的背景下, 回归自然、体验生态已成为当代旅游发展的核心价值取向, 观赏自然风光等生态体验被视为国际游客追求的最高旅游境界^[1]。植物景观作为山水城市风貌的核心物质载体, 在旅游城市建设中具有不可替代的多重价值, 在城市景区营造优质植物景观是提升城市风貌和旅游体验的重要途径。因此, 对于正处在世界级旅游城市建设“三步走”战略关键时期的桂林市来说, 提升植物景观品质, 无疑能为战略推进提供助力。

近年来国内诸多学者对风景区、城市公园的植物景观开展研究, 主要基于空间形态分类、绿地系统标准划分等分类方法, 从植物景观群落特征、营造和评价方法等方面进行研究^[1-7]。针对桂林植物景观的研究则聚焦于滨水区域景观评价^[8-9]、植物群落地域性特征分析^[10]及植物资源本底调查^[11-12]等。国外对植物景观的研究起步早于国内^[13], 现多聚焦于海岸、河岸、山地等特定区域, 尤为重视植物景观的构成要素、美学价值和生态效益等方面的研究^[14-18]。当前, 植物景观研究已形成较为多元化的评价框架, 总结了多种特定对象的群落特征和营造方法, 但仍存在局限: 其一, 既有研究多基于空间或绿地类型等传统的分类方法, 对不同功能区植物景观的异质性分析尚有欠缺; 其二, 当前大部分研究采用单一方法, 如层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP)、语义差别法 (Semantic Differential Method, SD)、美景度评价法 (Scenic Beauty Estimation, SBE) 等^[4-9], 较少应用组合方法, 仅有部分学者结合 AHP 法和 TOPSIS 法应用于景观评价^[19-21]; 其三, 桂林地处喀斯特地貌区, 具有极强的地域特色, 而当前针对桂林景区的相关研究维度单一, 缺乏对植物资源信息的系统性整合, 也尚未建立较完整的植物景观综合评价体系。因此, 填补这一研究缺口对桂林城市景区植物景观的优化与特色发展具有重要意义。

鉴于城市景区用地功能复合、分区差异显著的特点, 研究以功能分区为导向, 可针对性地确立差异化目标, 实现风景资源的精准化保护。“两江四湖·象山”景区作为桂林市区典型的喀斯特城市景区, 涵盖多种喀斯特地貌基本形态, 植物群落结构复杂且景区空间功能多元。因此, 本研究以两江四湖·象山景区为例, 分析桂林喀斯特地貌区的城市景区植物景观, 采用 AHP-TOPSIS 组合方法, 从美学、生态和公众感知层面构建城市景区植物景观评价指标体系, 定量评估景区内不同功能区的植物景观, 总结优质景观的营造模式, 并为喀斯特地貌区世界级旅游城市建设提供植物景观精细化建议。

1 研究区域与方法

1.1 研究区域概况

桂林市位于广西壮族自治区的东北部, 是桂北地区重要的区域性中心旅游城市。桂林为典型的喀斯特地貌, 其植被属于亚热带常绿阔叶林带的南缘, 市中心被石山环绕, 平均海拔约为 150 m, 终年适合旅游观光。两江四湖·象山景区

是桂林中心城区的国家 AAAAA 级旅游景区, 由两江四湖、象山、叠彩山和伏波山景区组成, 总面积为 3.1 km² (图 1)。

1.2 区域划分与样地设置

城市景区的功能分区旨在合理利用资源、保护生态环境并提高管理效率。相关研究中功能分区常以景区内旅游资源类型或建设需求为划分依据^[22-23]。两江四湖·象山景区以象山、漓江和榕湖等自然景观型资源为主, 兼具宋代古城墙、文人旧居和摩崖石刻等丰富历史遗存。本研究参考以景区内旅游资源类型为基础^[22]的分类方法, 基于《风景名胜区总体规划标准》(GB/T 50298-2018)中功能协调、管理保障等规划要求和功能一致性、空间连续性等原则, 将景区划分为滨江绿道、临湖休闲、名山观光、历史文化、名居古建和服务管理 6 类功能区。

样地选取覆盖全部功能区, 并尽可能涵盖 5 种群落结构类型, 包括“乔-灌-草”“乔-灌”“乔-草”“灌-草”, 以及水生植物群落。按照《植物群落学》^[24]中典型取样和随机抽样结合的方法, 共计选取 55 个样地 (图 1)。

为探究上述 6 类功能区域植物景观的相异程度, 以戴斯相似系数 *DSC* (Dice similarity coefficient) 来衡量, 其取值范围是 0 到 1, 值越大表示 2 个集合越相似。计算公式为:

$$DSC = \frac{2|X \cap Y|}{|X| + |Y|} \quad (1)$$

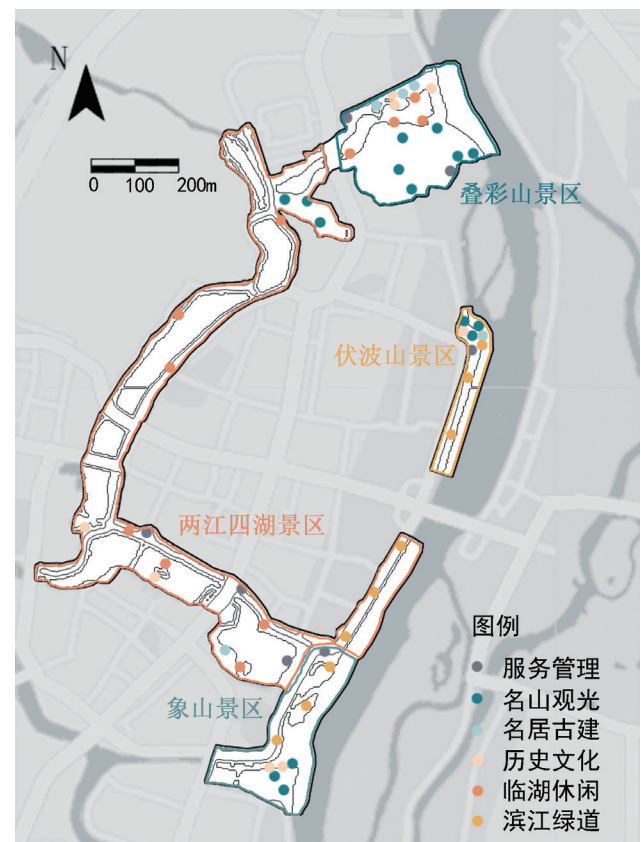


图 1 样地点位分布图

Fig.1 Distribution map of sampling plot location

式中, X 、 Y 分别为 2 个植物群落的物种数。

戴斯相似系数计算结果显示(图 2), 伏波山景区的任一功能区与其他景区的戴斯相似系数均小于 0.5, 平均值仅为 0.34, 这说明伏波山景区的植物组织模式具有独特性。两江四湖、象山和叠彩山 3 个景区内的不同功能区之间的戴斯相似系数平均值为 0.27, 远小于 0.5, 差异较大; 同一功能区的植物群落之间的戴斯相似系数平均值为 0.63, 除服务管理区外, 均大于 0.5, 相似度较高。因此, 在多数情况下根据物种构成即可判断植物群落所属的功能类型, 即同一功能的植物景观在类型学层面具有可归类特征。

1.3 AHP-TOPSIS 综合模型

在景观评价中, 传统方法难以处理多准则权重分配与动态排序问题。AHP-TOPSIS 模型结合了 AHP 的主观赋权优势与 TOPSIS 的客观排序能力, 所构建的涵盖生态、美学与服务等多维度的评价体系可系统化景观

综合质量, 并直观反映评价对象与理想解的贴近度^[18]。现有研究表明, 该方法在植物景观评价中区分度良好, 可实现全面、合理且准确的综合评价, 是一种简便有效的评价方法^[21]。层次分析法通过排序、比较、量化, 将复杂问题分解成若干个层次, 形成一个多层次的分析结构模型^[9]。该方法已较为广泛地应用在居住区植物景观评价^[25]、城市景区植物景观评价^[9]和公园景观评价^[26]等方面。TOPSIS 法又称逼近理想解法, 是根据有限个评价对象与理想化目标的接近程度进行排序的方法, 适用于评价现有样本的相对优劣, 进而找到最优方案以指导后续决策^[27]。本研究将 TOPSIS 法与 AHP 法获得的权重值结合使用, 获取植物景观综合评价等级。

首先采用 AHP 法构造判断矩阵, 邀请专家以 1-9 度标度法综合考量判断矩阵内容并进行重要性打分。根据判断矩阵, 计算特征向量 A_i , 通过对特征向量 A_i 进行归一化, 可得到各个

评价因素的权重值 ω_i , 公式如下。

$$\omega_i = \frac{A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}, i=1,2,\dots,n \tag{2}$$

为判断得到的权重值是否可靠合理, 还需对判断矩阵进行一致性检验。研究通过随机一致性比率 CR 值判断, $CR=CI/RI$, 其中 CI 为判断矩阵的一致性指标, RI 是判断矩阵的平均随机一致性指标。当判断矩阵的 $CR \leq 0.100$ 时或 $\lambda_{max}=n$, $CI=0$ 时, 该判断矩阵具有满意的一致性, 否则需调整判断矩阵中的元素, 使其达到满意的一致性。当单层一致性检验合格后, 再进行层次总排序及一致性检验。检验通过后, 进行植物景观评价, 获取各指标得分。

接着采用 TOPSIS 法, 基于景观评价指标得分构建评价矩阵, 采用差值法将指标数据趋同化处理, 如评价指标中有负向指标, 则需将评价指标的属性变为同一方向; 由于各指标的数据度量标准不同, 再采用平方和归一法统一数据量纲, 由此得到新的标准化评价矩阵 Z' 。在此基础上分别计算评价样本的贴近度, 即正理想解距离 D_i^+ 和负理想解距离 D_i^- , 公式为:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m W_j (A_{ij}^+ - a_{ij})^2} \tag{3}$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m W_j (A_{ij}^- - a_{ij})^2} \tag{4}$$

式中, m 为方案数, a_{ij} 表示第 i 个方案在第 j 个指标的值, W_j 为指标权重, A_{ij}^+ 和 A_{ij}^- 分别为正理想解向量和负理想解向量。

最后计算相对贴近度 C_i 作为各样本的综合评价得分, 公式为:

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}, i=1, 2, 3, \dots, n \tag{5}$$

C_i 越大, 评价样本越接近最优解, C_i 越趋近于 1 表示样本越优质。

1.4 数据获取

为构建植物景观评价体系, 研究共计发放 3 次问卷。首先通过搜集相关文献资料, 根据评价因子出现频率初选 40 个评价指标。向专家发放指标复选问卷以筛选核心指标。第二次问

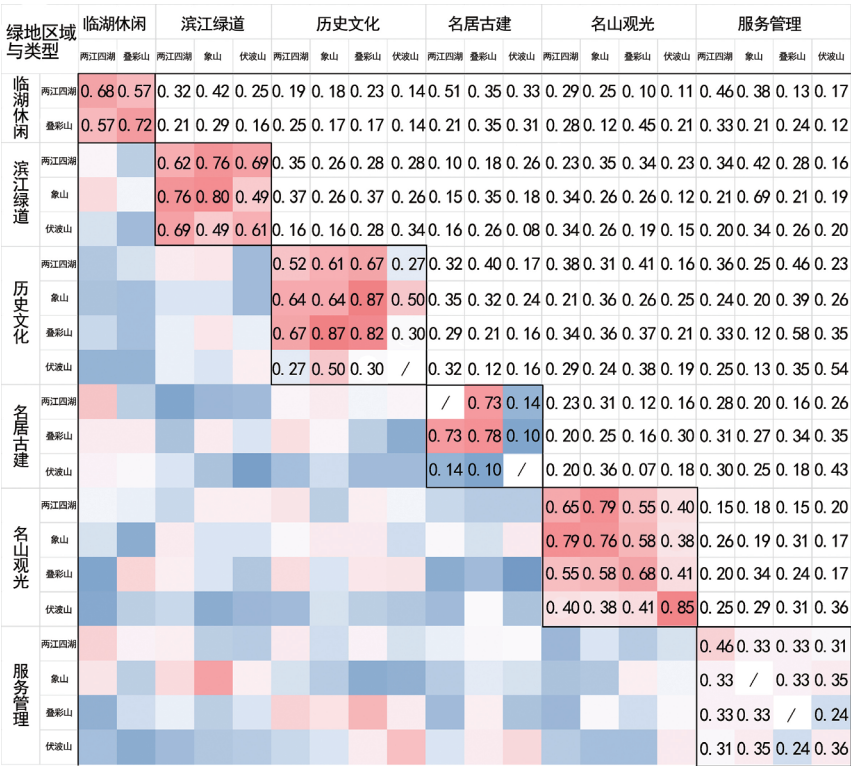


图 2 戴斯相似系数计算结果
Fig.2 Calculation results of Dice similarity coefficient

卷将评价因子对上层目标的影响程度进行两两比较，邀请景观领域专家、从业者和研究生进行评价，以确定其权重。第三次问卷则面向景区游客及相关专业学生，对景区中植物景观的典型样本的定性指标进行评分。第三次问卷发放时间覆盖一年四季，分别在 8:00—12:00、14:00—18:00 发放。

研究通过样方调查获取评价体系中定量指标的基础数据，设置了 10 m×10 m 的标准样方和 4 m×25 m、6 m×15 m 等不规则样方应对无法形成标准样方的情况，保持面积约为 100 m² 的基准。研究记录了乔木和灌木的种类、株数、胸高断面面积、株高、冠幅和健康状况，并在每个样地中沿对角线在四个角及中心位置分别设置 5 个 1 m×1 m 的草本层样方，按照垂直结构分层记录草本的种类、投影面积和健康状况，同时拍照存档。

2 城市景区植物景观评价体系构建

2.1 确定指标与权重

首先，研究采用文献综合分析法初步选择评价指标，收集植物景观评价相关文献 127 篇，统计文献中指标出现的频次，选出频次高的评价指标 38 个；接着参考已有景观评价的问卷咨询对象，向风景园林、生态学、植物学和城乡规划专业专家，风景园林、城乡规划从业者和研究生共 20 人发放意见征询问卷，对初选的 38 个指标进行评分复选，保留得票率超过 75% 的 26 个指标；最后结合景区绿地的实地调研情况，确定构建多层次的城市景区植物景观综合评价体系，涵盖生态、美学和公众感知 3 个准则层，植物物种多样性、色彩丰富度、可达性等 18 项评价指标（表 1）。

研究采用 1-9 标度法构建判断矩阵，邀请 20 名景观相关专业专家、从业者和研究生对评价指标进行赋权，根据 AHP 法计算公式获得各评价因素的权重值（表 1），并进行一致性检验（表 2）。结果显示，该判断矩阵单层及层次总排序均通过一致性检验，可用于植物景观评价。

2.2 指标计算

现有研究多通过主观定性的问卷调查来获得评价分数^[3-5, 8-9]，本研究提出更多的定量计算方法，以提升精确性和客观性。在 18 项评价指标中，C1~C9 为定量指标，采用原始数据值，计算方法如表 3 所示。其余 9 个指标为定性指标，采用问卷调查法获取评分，采用李克特五点量表法，以 1、2、3、4、5 分别代表评价“很差”“较差”“一般”“较好”“很好”。研究共计发放问卷 243 份，去除未完成、信息不全或无意义的问卷，回收有效问卷 220 份，有效率 90.53%。通过 SPSS 软件对问卷信效度进行检验，得到 Cronbach α 系数为 0.822 大于 0.8，KMO 值为 0.910 大于 0.8，Bartlett 球形度检验 P 值小于 0.05，信度和效度均很好，说明调研数据适合提取信息，能够准确反映植物景观的真实情况（表 4）。根据问卷结果，借助景观综合评价指数法可计算获得定性指标评价得分，公式为：

$$F = \sum_{i=1}^n B_i f_i \tag{6}$$

式中，F 为某指标得分，B_i 为某指标各评分等级的问卷数量占比，f_i 为各评分等级的评分值。

基于各指标的权重与景观评价得分，利用 TOPSIS 法可得出各样地的相对贴近度 C_i，C_i 值越接近 1，综合评分越高，景观效果越好。为分析两江四湖·象山景区各功能单元的植物景观质量，研究将 55 个样地按综合得分 C_i 值划分为 5 个等级（表 5），分别统计 6 个功能分区样地综合评分，并计算 C_i 平均值（表 6）。

3 结果分析

3.1 评价指标的综合权重分析

据表 1 可知，准则层按权重值排序，从大到小依次为美学、生态、公众感知，美学功能最为重要，这凸显了视觉品质与艺术性是提升游憩体验的核心要素；指标层中权重较高的前五位是景观意境与艺术性（C17）、植物地域性特色（C11）、环境协调度（C12）、季相变化（C10）和植物健康度（C5），这些指标是影响植物景观质量的关键因素。该权重体系反映出城市景区植物景观建设需高度重视文化意

表 1 评价指标体系及权重
Tab.1 Evaluation index system and weights

目标层	准则层	准则层权重	评价指标 C	指标层权重	综合权重
城市景区植物景观评价指标体系 A	生态 B1	0.358 50	植物物种多样性 C1	0.181 49	0.065 06
			植物乡土性 C2	0.130 12	0.046 65
			植被覆盖度 C3	0.145 67	0.052 22
			植物生态优势度 C4	0.146 69	0.052 59
			植物健康度 C5	0.205 80	0.073 78
			植物群落的稳定性 C6	0.190 23	0.068 20
	美学 B2	0.400 40	色彩丰富度 C7	0.087 15	0.034 90
			层次丰富度 C8	0.125 91	0.050 41
			观赏特性多样性 C9	0.129 17	0.051 72
			季相变化 C10	0.214 07	0.085 71
			植物地域性特色 C11	0.224 93	0.090 06
			环境协调度 C12	0.218 76	0.087 59
	公众感知 B3	0.241 10	可达性 C13	0.094 10	0.022 69
			舒适度 C14	0.179 19	0.043 20
			芳香性 C15	0.096 11	0.023 17
			安全性 C16	0.205 97	0.049 66
			景观意境与艺术性 C17	0.240 51	0.057 99
			视线开敞性 C18	0.184 13	0.044 39

表 2 一致性检验结果
Tab.2 Consistency test results

一致性检验	A	B1	B2	B3	整体排序
CR	0.000 27	0.033 20	0.03707	0.029 88	0.026 94

境表达、季相美学与地域特色，在保证植物健康度和群落稳定性的同时，兼顾游憩安全和舒适性。

在美学层面，权重值前三位是植物地域性特色（C11）、环境协调度（C12）和季相变化（C10），这说明植物地域性特色应用、四时景致变换以及植物景观与桂林山水意境的和谐统一是塑造独特景观风貌的关键。在生态层面，植物健

表 3 定量评价指标计算方法

Tab.3 Calculation methods for quantitative evaluation indicators

评价指标 C	计算方法	说明
植物物种多样性 C1	$H = - \sum_{i=1}^S P_i \cdot \ln P_i$	采用 Shannon-Wiener 指数衡量该指标，式中 P_i 指某一物种在群体中的占比， S 为所有物种数
植物乡土性 C2	植物乡土性 = (乡土物种数 / 植物物种总量) × 100%	-
植被覆盖度 C3	植被覆盖度 = (植物垂直投影面积 / 绿地总面积) × 100%	-
植物生态优势度 C4	$C = 1 - \sum_{i=1}^S P_i \cdot P_i$	采用辛普森优势度指数衡量，式中 P_i 指某一物种在群体中的占比， S 为所有物种数
植物健康度 C5	植物病害率 = (有病虫害、畸变或其他病理性损伤的植物垂直投影面积 / 绿地总面积) × 100%	-
植物群落的稳定性 C6	$J = - \sum_{i=1}^S P_i \cdot \ln P_i \cdot \ln S$	采用 Pielou 均匀度指数计算，式中 P_i 指某一物种在群体中的占比， S 为所有物种数
色彩丰富度 C7	$CDI = - \sum_{i=1}^{Nc} P_i \cdot \ln P_i$	采用色彩多样性指数 CDI (Color Diversity Index) 衡量，式中 Nc 为植物花色、叶色和果色中独立颜色类别的总数， P_i 指第 i 种颜色的植物个体在植物总体积中的占比或第 i 种颜色的植物密度在总盖度的占比（乔木以植物个体数计算，乔灌以植物密度计算）
层次丰富度 C8	$SRI = - \sum_{i=1}^S P_i \cdot \ln P_i$	采用层次丰富度指数 SRI (Stratification Richness Index) 衡量，式中 S 表示 5 种垂直层次， N 表示该区域内 5 种层次的物种数总和， N_i 则表示第 i 个层次的物种数， $P_i = N_i / N$ 指第 i 个层次物种数的占比
观赏特性多样性 C9	$OTDI = - \sum_{i=1}^S P_i \cdot \ln P_i$	采用观赏特性多样性指数 $OTDI$ (Ornamental Trait Diversity Index) 衡量，式中 S 表示 4 种观赏特性， N 表示该区域内 4 种观赏特性类型的物种数总和， N_i 则表示第 i 个观赏特性类型的物种数， $P_i = N_i / N$ 指第 i 个观赏特性物种数的占比

表 4 问卷信效度检验

Tab.4 Reliability and validity test of questionnaires

检验项目	结果
Cronbach 信度分析	Cronbach α 系数 0.822
KMO 检验	KMO 值 0.910
Bartlett 球形度检验	近似卡方值 1 727.805
	df 91
	P 值 0.000

表 5 两江四湖·象山景区植物景观评价分级

Tab.5 Evaluation grading of plant landscapes in Two Rivers and Four Lakes, Elephant Hill Scenic Area

景观等级	评价结果	C_i 值范围	样地数量	占比
I	优	$0.8 \leq C_i \leq 1.0$	2	3.64%
II	较优	$0.6 \leq C_i < 0.8$	9	16.36%
III	一般	$0.4 \leq C_i < 0.6$	38	69.09%
IV	较劣	$0.2 \leq C_i < 0.4$	6	10.91%
V	劣	$0 \leq C_i < 0.2$	0	0%

表 6 6 个功能分区样地综合评分

Tab.6 Comprehensive scores of six functional zoning sample plots

功能分区	景观等级	占比	C_i 平均值	功能分区	景观等级	占比	C_i 平均值
临湖休闲	I	0	0.467 1	名居古建	I	0	0.481 9
	II	0			II	0	
	III	81.82			III	80.00	
	IV	18.18			IV	20.00	
	V	0			V	0	
滨江绿道	I	0	0.474 4	名山观光	I	0	0.571 0
	II	11.11			II	40.00	
	III	77.78			III	60.00	
	IV	11.11			IV	0	
	V	0			V	0	
历史文化	I	25.00	0.578 8	服务管理	I	0	0.498 3
	II	12.50			II	14.29	
	III	50.00			III	71.43	
	IV	12.50			IV	14.29	
	V	0			V	0	

康度 (C5) 和植物群落的稳定性 (C6) 的权重最高, 表明植物个体活力及群落长期稳定演替能力是生态效益的核心保障, 强调植物群落的生态功能与健康稳定是植物景观建设的首要考量, 它们共同支撑生物多样性保护与生态系统平衡。在公众感知层面, 景观意境与艺术性 (C17) 的权重最高, 体现了文化内涵与精神体验的重要性; 安全性 (C16)、视线开敞性 (C18) 和舒适度 (C14) 权重值也较高, 这表明景观的使用安全性、视觉效果与舒适度不可忽视, 其保障了公众基本使用需求。

3.2 相对贴近度分析

借助 TOPSIS 法获得的 C_i 值显示 (表 5), 本研究的 55 个样地中, 一般等级 (69.09%) 的植物景观占绝对主导; 优质 (3.64%) 与较优 (16.36%) 的景观占比较低; 较劣 (10.91%) 的景观需重点优化; 无劣等级景观。景区植物景观整体处于中等水平, 优质单元亟待提升。

各分区植物景观质量按 C_i 值排序由高到低依次为历史文化区、名山观光区、服务管理区、名居古建区、滨江绿道区、临湖休闲区 (图 3)。历史文化区综合情况最优, 拥有景区仅有的 2 个优质样地, 平均 C_i 值最高, 但存在 12.5% 的较劣样地, 质量两极分化。名山观光区次之, 较优样地占比达 40.0%, C_i 值接近历史文化区, 但缺乏优级景观。名居古建与服务管理区的景观处于中等水平, 名居古建区 80% 的样地为一般景观; 服务管理区 71.43% 的样地为一般等级, 仅 1 个样地达较优等级, 且存在较劣样地, 内部差异较显著。滨江绿道与临湖休闲区的景观质量偏低, 滨江绿道 77.78% 的样地为一般景观, 仅有 1 个样地达较优水平, 平均 C_i 值低于景区平均水平; 临湖休闲区 81.82% 的样地为一般等级, 且含 18.18% 的较劣样地, 平均 C_i 值最低。

分析各功能区得分情况, 可知两江四湖·象山景区存在以下问题: 1) 历史文化区较劣样地的生态稳定性较差, 植被抗干扰能力不足; 其核心问

题在于群落结构单一化, 未能形成具有韧性的生态系统。其成因可能源于初期建设时过分追求景观的整齐度或特定文化意象。2) 名山观光区植物景观的季相丰富度不足, 地域特色识别度低, 优质景观欠缺; 后期管护缺位, 植物健康度较低。其成因包括植物时序性设计的缺失, 以及景区对喀斯特乡土植物群落特征的挖掘不足, 盲目引入了大量通用园林树种。这也暴露了各地景区“重建设、轻管理”的普遍弊病, 缺乏长期、可持续养护机制。3) 服务管理区的植物景观优劣差异大, 存在一定程度的边缘效应, 其植物配置未形成独立稳定的模式, 具有空间依赖性。4) 名居古建区当前植物景观的环境协调度较差, 季相丰富度的均值最低。这可能源于古建筑的历史风貌保护与现代景观优化的不平衡, 景区过度简化了植物配置, 或保守地选择了少数常绿树种。5) 滨江绿道区的景观配置同质化, 多样性指数低, 乡土植物应用率较低, 缺乏多季相观赏序列。这是因为沿江采用了长达 3 km 的连续模块化绿化模式, 景区受其限制多使用通用苗木进行线性排列的种植方式。6) 临湖休闲区作为最薄弱的

区域, 植被覆盖度与健康度均亟待提升, 并且多样性指数低, 乡土植物应用不足。该区域长期承受水位波动、土壤侵蚀等特殊环境压力, 以及高度密集的人为干扰, 其特殊的生境条件淘汰了部分人工物种; 践踏、污染也致使植物生长状态不佳, 导致生态系统整体退化。

根据上述分析结果, 两江四湖·象山景区的植物景观优化需重点攻坚临湖休闲区与滨江绿道, 同时挖掘历史文化区与名山观光区的引领潜力, 通过功能分区差异化施策, 提升整体植物景观品质。

3.3 优质植物景观营造模式分析

提取两江四湖·象山景区中 I 和 II 级的样地, 对植物景观优质样地营造模式进行具体分析。植物配置模式采用《群落生态学》^[24] 中的联名法命名, 即重要值大于 20% 的植物确定为优势种, 并按顺序排列各层次建群种或优势种的学名。

历史文化区优质样地植物配置为“荷花木兰+木樨-杜鹃-早熟禾+山麦冬”“苏铁+扁担藤-棕竹-大旗瓣凤仙花+花叶冷水花”“蒲葵-棕竹-短莛山麦冬”。作为评分最高

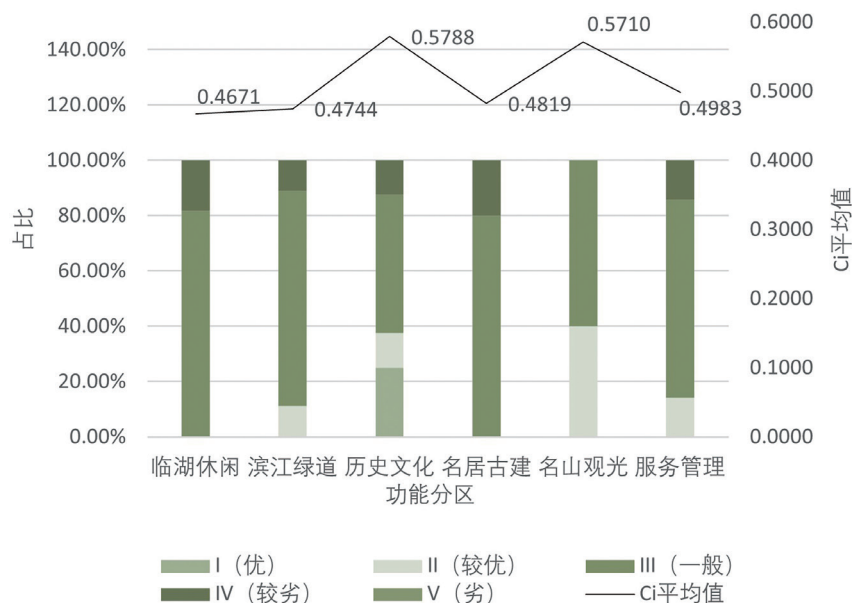


图3 各分区景观质量

Fig.3 Landscape quality of functional zones

的区域，历史文化区采用“乔－灌－草”“灌－草”的植物配置模式，突出苏铁、棕竹、木樨等文化特色指示植物，采用“岛状种植”，配以大旗瓣凤仙花等，构建“中心关键种＋伴生种”的岛状结构。

名山观光区优质样地植物配置为“楝＋枫香树－石山桂花－沿阶草”“喜树－南天竹－苎麻＋白花紫露草”“扶芳藤＋中南鱼藤－迎春花－山麦冬＋络石”等，形成了“密林斑块＋疏林草地＋藤本花灌”的镶嵌结构，且藤本植物盖度较高的样地得分最高。但该区域整体的自生植物较多且杂乱，缺乏系统管理，是其美学及公众感知层面得分较低的原因之一。

服务管理区较优样地的植物配置模式为“蒲葵＋龙头竹 *Bambusa vulgaris*－鹅掌柴＋山茶 *Camellia japonica*－红花酢浆草”。该样地临近历史文化区，印证了前文中服务管理区的植物景观质量依赖毗邻区域的发现。

滨江绿道区较优样地的植物配置模式为“榕树＋黄葛

树－蓝花草＋叶子花－早熟禾＋红花酢浆草”“榕树＋夹竹桃－悬铃花＋叶子花＋细叶萼距花－芦竹＋鬼针草”，形成“伞形乔木＋中层花灌＋地被缀花”的垂直结构。

名居古建区和临湖休闲区无较优等级以上的样地。

基于上述研究分析，总结出适宜各区域（除了应基于毗邻群落来构建的服务管理区）的优质植物配置模式（表7）。对于名居古建区和临湖休闲区，从一般样地中提取适宜的植物种类，并分别参考历史文化区与滨江绿道区的植物配置，结合自身的指标问题，提出优化的植物配置模式，以提升植物景观的多样性与生态系统稳定性。

4 建议

4.1 共性建议

基于上述研究结果，美学层面权重显著高于生态和公众感知层面，得出桂林城市景区植物景观建设应以美学为主导、生态为基底，并保障公众基本使用需求。具体而言，从指标

表 7 优质植物群落营造模式
Tab.7 Configuration Pattern of plant community

功能区域	配置模式	
历史文化	中心关键种＋伴生种	①以荷花木兰 <i>Magnolia grandiflora</i> 为中心关键种，搭配木樨 <i>Osmanthus fragrans</i> －杜鹃 <i>Rhododendron simsii</i> －早熟禾 <i>Poa annua</i> ＋山麦冬 <i>Liriope spicata</i> ②以苏铁 <i>Cycas revoluta</i> 为中心关键种，搭配扁担藤 <i>Tetrastigma planicaule</i> ＋棕竹 <i>Rhapis excelsa</i> －大旗瓣凤仙花 <i>Impatiens macrovexilla</i> ＋花叶冷水花 <i>Pilea cadierei</i> ③以蒲葵 <i>Livistona chinensis</i> 为中心关键种，搭配棕竹－短茎山麦冬 <i>Liriope muscari</i>
名山观光	密林斑块形式	①楝 <i>Melia azedarach</i> ＋枫香树 <i>Liquidambar formosana</i> －石山桂花 <i>Osmanthus fordii</i> －沿阶草 <i>Ophiopogon bodinieri</i> ②樟 <i>Camphora officinarum</i> ＋香椿 <i>Toona sinensis</i> －杜鹃＋迎春花 <i>Jasminum nudiflorum</i>
	疏林草地形式	①喜树 <i>Camptotheca acuminata</i> －南天竹 <i>Nandina domestica</i> －苎麻 <i>Boehmeria nivea</i> ＋白花紫露草 <i>Tradescantia fluminensis</i> ②楝－络石 <i>Trachelospermum jasminoides</i>
	藤本花灌	①扶芳藤 <i>Euonymus fortunei</i> ＋中南鱼藤 <i>Derris fordii</i> －迎春花－山麦冬＋络石 ②中南鱼藤＋地锦 <i>Euphorbia humifusa</i> －红花酢浆草 <i>Oxalis corymbosa</i> ＋沿阶草
滨江绿道	伞形乔木＋中层花灌＋地被缀花	①榕树 <i>Ficus microcarpa</i> ＋黄葛树 <i>Ficus virens</i> －蓝花草 <i>Ruellia simplex</i> ＋叶子花 <i>Bougainvillea spectabilis</i> －早熟禾＋红花酢浆草 ②榕树＋夹竹桃 <i>Nerium oleander</i> －悬铃花 <i>Malvaviscus arboreus</i> ＋叶子花＋细叶萼距花 <i>Cuphea hyssopifolia</i> －芦竹 <i>Arundo donax</i> ＋鬼针草 <i>Bidens pilosa</i> ③榕树－假连翘 <i>Duranta erecta</i> ＋红花檵木 <i>Loropetalum chinense</i> var. <i>rubrum</i> －沿阶草＋石竹 <i>Dianthus chinensis</i>
名居古建	岛状＋带状	①岛状种植：榕树－假连翘 带状种植：鹅掌柴 <i>Heptapleurum heptaphyllum</i> －疆南星 <i>Arum jacquemontii</i> ＋苎麻＋花叶冷水花 ②岛状种植：荷花木兰－毛竹 <i>Phyllostachys edulis</i> 带状种植：侧柏 <i>Platycladus orientalis</i> －龟背竹 <i>Monstera deliciosa</i>
临湖休闲	密林斑块形式	①榕树＋木樨－假连翘－短茎山麦冬＋红花酢浆草 ②雅榕 <i>Ficus concinna</i> ＋鸡爪槭 <i>Acer palmatum</i> －假连翘－红花酢浆草
	疏林草地形式	①水杉 <i>Metasequoia glyptostroboides</i> ＋银杏 <i>Ginkgo biloba</i> －杜鹃 <i>Rhododendron simsii</i> －红花酢浆草 ②乌桕 <i>Triadica sebifera</i> －杜鹃－山麦冬＋络石
“沉水－浮叶”层次		风车草 <i>Cyperus involucratus</i> ＋空心莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i> ＋苧菜 <i>Nymphoides peltata</i> ＋美人蕉 <i>Canna indica</i>

层权重较高的因子入手：强化美学效果可从突出喀斯特地域特色与季相变化入手，增加彩叶、观花植物占比，延长景观时效性；在植物群落的生态效益保障上，需尽可能使乡土植物比例高于70%，凸显桂林喀斯特区域的本土植物特征，提升群落稳定性与健康度，严控外来入侵物种；满足公众游憩需求应首先保障景观安全性，增设芳香植物与林下休憩空间，进一步优化视线开敞性，以提升舒适度。

4.2 个性建议

基于上述研究结果，可发现景区各功能区域的建设情况存在较大差异，通过功能分区差异化施策可更好地实现整体质量提升。研究发现部分功能区的问题存在相似之处，因此在提出优化策略时，将滨江绿道和临湖休闲区合并为滨水区域，历史文化和名居古建区合并为文化教育区域。研究根据各功能区存在的较多问题与需求，以及喀斯特景区以山水为主体的自然资源特色，针对滨水、山林、文化教育、服务管理4个类型区域提出以下建议。

滨水区域的植物景观应保证较高的植被覆盖率，控制灌木密度，增植樟、枫香树等冠层乔木以提供荫蔽；补植耐湿乔木如水杉、池杉 *Taxodium distichum* var. *imbricarium*，以及水生花卉如美人蕉、芦苇 *Phragmites australis*，提升消落带生态韧性。针对生境条件较差的区域，结合耐淹、耐践踏的乡土植物通过土壤改良、生境修复进行定向恢复，缓解生态功能的衰退；增植乌桕、枫香树等彩叶树种与夹竹桃、木芙蓉 *Hibiscus mutabilis* 等滨水花灌木，强化季相层次，避免滨水区域的带状长距离绿地同质化问题。

山林区域自然程度高，自生植物占比大，优化该类区域的植物景观应整合自生植物，保留高适应性乡土植物（如蕨类），清除入侵种，形成“人工引导式自然群落”；提升景观后期维护水平，建立长期可持续的养护机制，例如土壤管理、科学疏伐，保持植物生长健康度。针对景观意境与艺术性较差的情况，可补植地域特色树种如桂林紫薇 *Lagerstroemia guilinensis*、石榕树 *Ficus abelii* 与珍稀植物，沿登山路径每200~500 m设置观景节点，配置彩叶植物群落或观赏花灌木，强化季相与色彩变化。

文化教育类区域应提高植物与历史建筑的协调性，选用传统意象植物，种植芭蕉 *Musa basjoo*、南天竹等传统庭院植物，衔接植物景观与建筑空间。该类区域生态稳定性通常较差，应避免追求单一植物的文化意象，增植次生演替物种，提高物种丰富度；可模拟自然群落的多层、混交结构，并更换抗病树种，种植樟、木樨等抗逆性强的乡土树种。此外，可利用区域内的古树名木，增加植物文化解说功能，结合古树名木开展生态教育。

服务管理区域宜基于毗邻群落的种间关联网络、结合服务区具体功能构建植物景观。可从毗邻植物群落中筛选适宜植物，在后勤管理出入口适当种植遮挡性较好的低分枝大冠幅植物。但游客服务设施应避免此类植物，宜种植荷花木兰等高干疏枝植物。

5 结语

为助力桂林世界级旅游城市建设，提升桂林城市景区绿色空间品质，本研究基于AHP-TOPSIS法构建了两江四湖·象山景区的植物景观综合评价体系，揭示不同功能区景观质量的差异化特征，分析综合得分较高的植物景观配置模式，为景区植物景观提供科学的优先级决策依据和优化建议。结果表明：两江四湖·象山景区的历史文化区的植物景观综合质量最优，其优势源于地域文化植物的科学配置与艺术性；滨江绿道与临湖休闲区受限于植物结构单一与配置同质化，景观质量偏低。基于研究成果，提出“分区施策、标本兼治”的精细化建设方式，如滨水区植物景观建设应重视生态修复与视觉层次，山林区着重于乡土植物整合、自生植物梳理与植物健康维护，文化区注重意境营造与协调度提升，服务区强调功能协调。

本研究创新性地考虑城市景区用地功能差异显著的特点，强化研究不同空间单元的差异化功能目标，将AHP-TOPSIS法引入喀斯特地貌区这一特殊地域的植物景观评价，建立了生态、美学、公众感知三维指标的评价体系。研究为喀斯特地貌区典型城市景区的研究提供可行的研究范例，也为桂林其他城市景区的优化提供方法。但研究仍存在局限，桂林的地形地貌构成复杂，其城市景区的空间功能与使用需求具有多样性和差异性，研究样地选取未能全覆盖喀斯特地貌类型；并且对其他地区或类似植物景观的横向讨论不足。今后研究应更多地拓展多地貌类型对比研究，考虑多功能复合型绿色空间建设，满足多元需求，平衡生态、美学、公众感知等要素，探索针对群落长期演替、养护管理和生态效益方面的可持续化发展路径，探索差异化、精细化的城市景区植物景观建设方式。

注：图1地图来源于广西壮族自治区地理信息公共服务平台，其余均由作者自绘。

参考文献：

- [1] 周玉霞, 郭馨逸, 胡童童, 等. 崆峒山国家级风景名胜区野生植物群落特征研究[J]. 生物资源, 2023, 45 (5): 493-503.
- [2] 颜玉娟, 许秀环, 李永芳. 湖南阳明山典型植物群落特征研究[J]. 湖北农业科学, 2014, 53 (24): 5991-5995, 6067.
- [3] 董楠, 张红, 张春晖. 陕西省国家森林公园游客满意度：以太白山、太平和王顺山森林公园为例[J]. 林业科学, 2020, 56 (3): 156-163.
- [4] 徐晶. 江苏南京玄武湖公园园林植物资源多样性调查及景观评价[J]. 分子植物育种, 2023, 21 (17): 5839-5843.
- [5] 刘江, 米思乐, 张雪葳, 等. 城市公园植物景观空间声景感知特征及影响因素研究[J]. 中国园林, 2023, 39 (2): 43-49.
- [6] 侯继萍, 芦建国. 紫金山森林公园登山道植物群落特征调查分析[J]. 北方园艺, 2019 (23): 86-92.
- [7] 张强, 苏同向, 丁彦芬, 等. 南京地区美丽乡村植物景观的物种丰富度及其群落特征[J]. 中国野生植物资源, 2023, 42 (7): 97-102.
- [8] 金彪, 孙明艳, 李海防. 基于AHP-模糊综合评价法的桂林“两江四湖”旅游景区植物景观评价[J]. 北方园艺, 2017 (1): 203-207.

- [9] 康秀琴, 李海防. 基于层次分析法的桂林市“两江四湖”景区植物景观评价[J]. 中南林业科技大学学报, 2016, 36 (3) : 129-133, 140.
- [10] 代天娇, 林雯君, 谭阳, 等. 地域性滨水园林植物景观研究——以桂林“两江四湖”为例[J]. 智能建筑与智慧城市, 2020 (11) : 122-124.
- [11] 刘亦卉, 艾诗语, 龚嘉程, 等. 桂林喀斯特山区典型野生观赏植物资源调查及其园林应用[J]. 广东园林, 2024, 46 (4) : 110-115.
- [12] 黄琼, 李在留. 桂林市南溪山公园植物资源调查与分析[J]. 绿色科技, 2020 (5) : 33-35.
- [13] OSGOOD C E, SUCI G J. Factor analysis of meaning[J]. Journal of Experimental Psychology, 1955, 50 (5) : 325-338.
- [14] BAL W, CZALCZYNSKA-PODOLSKA M. Assessing Architecture-and-Landscape Integration as a Basis for Evaluating the Impact of Construction Projects on the Cultural Landscape of Tourist Seaside Resorts[J]. Land, 2021, 10 (1) : 17.
- [15] MASHHADANI A K A T, JASIM N S. Evaluating the Spatial Environmental Aspects in Designing the Urban Plant Landscape for the Riverbank at the Al-Athamiah Site in the Baghdad City[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2024, 1371 (4) : 042018.
- [16] WATANABE S, MAESAKO Y, INADA T. Spatial pattern of woody plant species richness and composition in primary warm temperate evergreen forest in Kasugayama Hill, Japan[J]. Scientific Reports, 2024, 14 (1) : 26570.
- [17] MAJUMDAR K, SHANKAR UMA, DATTA B K. Tree species diversity and stand structure along major community types in lowland primary and secondary moist deciduous forests in Tripura, Northeast India[J]. Journal of Forestry Research, 2015, 23 (4) : 553-568.
- [18] JAHANI A, ALLAHVERDI S, SAFFARIHA M, et al. Environmental modeling of landscape aesthetic value in natural urban parks using artificial neural network technique[J]. Modeling Earth Systems and Environment, 2022, 8 (1) : 163-172.
- [19] 罗一墩, 周怡岑, 陈政. 基于 AHP-TOPSIS-POE 组合模型的生态茶园景观质量评价[J]. 经济地理, 2020, 40 (12) : 183-190.
- [20] 马海良, 董书丽, 陈李倩. 基于 AHP-TOPSIS 的常州运河遗产旅游资源类型评价[J]. 水利经济, 2020, 38 (5) : 36-41, 76-77.
- [21] 冯磊, 赵洁. 基于 AHP-TOPSIS 组合模型的城市公园景观质量评价研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2018, 49 (5) : 777-781.
- [22] 李敏, 童匀曦, 李济泰. 国标编制相关的城市公园绿地主要规划指标研究[J]. 中国园林, 2020, 36 (2) : 6-10.
- [23] 史兹国, 唐德善, 马文斌. 枣庄市沿运河文化风景旅游带景区功能分区研究[J]. 生态经济, 2007 (2) : 106-108, 123.
- [24] 林鹏. 植物群落学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1986.
- [25] 陈翠玉, 杨善云, 严莉, 等. 基于 AHP 的柳州市居住区植物景观评价体系构建[J]. 中南林业科技大学学报, 2014, 34 (6) : 134-140.
- [26] 刘钊. 基于 AHP 法的太原城郊森林公园视觉景观质量评价[J]. 中南林业科技大学学报, 2023, 43 (2) : 188-200.
- [27] 郑霞, 胡希军, 张成林. 基于 AHP-TOPSIS 组合模型的湖南文庙植物评价[J]. 中南林业科技大学学报, 2022, 42 (3) : 193-204.

作者简介:

赖星月/2001 年生/女/江西赣州人/桂林理工大学旅游与风景园林学院(桂林 541000)/在读硕士研究生/专业方向为城市更新、景观规划与设计

黄淑娟(*通信作者)/1971 年生/女/广东肇庆人/博士/桂林理工大学土木工程学院(桂林 541000)/副教授/研究方向为城市更新/E-mail: 416282452@qq.com

吴建学/1977 年生/男/广西南宁人/本科/桂林理工大学旅游与风景园林学院(桂林 541000)/高级工程师/研究方向为城市更新及社区规划

刘丽荣/1964 年生/女/湖南长沙人/硕士/桂林理工大学旅游与风景园林学院(桂林 541000)/教授/研究方向为低碳城乡规划理论与方法