

引用格式: 杨阳, 郭丽霞. 基于结构方程模型的草原城市风貌评价体系构建研究——以内蒙古锡林浩特市为例[J]. 工业建筑, 2026, 56(3): 39–50. YANG Yang, GUO Lixia. Research on the Construction of Grassland City Landscape Evaluation System Based on Structural Equation Modeling: Taking Xilinhot City in Inner Mongolia as an Example [J]. Industrial Construction, 2026, 56(3): 39–50 (in Chinese). DOI: 10.3724/j.gyzG25011501

基于结构方程模型的草原城市风貌评价体系构建研究* ——以内蒙古锡林浩特市为例

杨 阳¹ 郭丽霞^{1,2}

(1. 内蒙古工业大学建筑学院, 呼和浩特 010000; 2. 内蒙古自治区草原人居系统与低碳营建技术重点实验室, 呼和浩特 010000)

摘 要 运用文献分析法初步筛选内蒙古草原城市风貌评价要素, 以调查问卷的方式收集公众对要素的认知和判定情况, 运用结构方程模型确定评价指标权重并验证该指标体系的科学性 & 合理性, 最终构建了包含自然环境、人文环境、建成环境 3 个维度, 19 个因素层和 37 个指标层的草原城市风貌评价指标体系, 并以内蒙古典型草原城市锡林浩特市为实证对象进行风貌评价。评价结果表明: 对于城市总体风貌比较认同, 其中自然环境和人文环境方面的评价等级为比较认同, 建成环境方面的评价等级为一般。

关键词 内蒙古; 城市风貌; 评价指标; 结构方程模型; 模糊综合评价

Research on the Construction of Grassland City Landscape Evaluation System Based on Structural Equation Modeling: Taking Xilinhot City in Inner Mongolia as an Example

YANG Yang¹ GUO Lixia^{1,2}

(1. School of Architecture, Inner Mongolia University of Technology, Hohhot 010000, China; 2. Inner Mongolia Key Laboratory of Grassland Human Settlement System and Low-Carbon Construction Technology, Hohhot 010000, China)

Abstract: This study employed the literature analysis method to preliminarily identify evaluation elements for the landscape of grassland cities in Inner Mongolia. Data on public perceptions and assessments of these elements were collected through questionnaires, while structural equation modeling was applied to determine the weights of evaluation indicators and to verify the scientific validity and rationality of the indicator system. Finally, a grassland city landscape evaluation index system was established, consisting of three dimensions (natural environment, human environment, and built environment), 19 factor layers, and 37 indicator layers. Taking Xilinhot City, a typical grassland city in Inner Mongolia, as an empirical case, a landscape evaluation was conducted. The results indicated general agreement with the overall urban character: both the natural and human environments received evaluation ratings of "relatively agreeable", while the built environment was rated as "average".

Keywords: Inner Mongolia; urban landscape; evaluation indicators; structural equation modeling; fuzzy comprehensive evaluation

* 国家自然科学基金地区项目(52068057); 内蒙古自治区自然科学基金项目(2023MS05046); 草原人居环境营建体系及关键技术(YLXKZX-NGD-004)。

第一作者: 杨阳, 硕士研究生, yangyang19980308@163.com。

通信作者: 郭丽霞, guolixia@imut.edu.cn。

收稿日期: 2025-01-15

0 引言

中国的城市化发展已经逐步从增量建设转向存量优化,城市风貌作为推动城市转型发展的关键因素,逐渐成为研究的焦点。针对城市建设中普遍的“风貌趋同”问题,《中华人民共和国国民经济和社会发展规划第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》要求“促进大中小城市和小城镇特色化发展”“推行城市设计与风貌管控”“保护和延续城市文脉”等;中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《关于在城乡建设中加强历史文化保护传承的意见》,再次强调要保护好传统文化基因,鼓励继承创新,彰显城市特色,避免“千城一面、万楼一貌”。因此城市风貌的塑造已经成为我国城镇高质量发展的重要议题。

我国地域广袤,受到自然环境、文化底蕴、民风民俗差异化影响,城市呈现出不同的地域风貌特征。内蒙古地区自然环境和民族文化构成多元,其特色鲜明,高原、山地、丘陵和平原等地形地貌并存,森林、草原和荒漠等植被类型并存,民族文化、宗教文化、工业文化,以及相邻地区的外来文化等对城市起源和发展的影响各不相同。在复杂多样的自然和文化基底上,内蒙古城市建设顺应环境、传承文化,形成的空间结构、街道肌理和建筑形式等既有共性、又各具地域特色,形成了历史与时代并存、异质和同质共生的现代草原城市风貌。但随着城镇化的不断推进,城市的快速建设打破了传统的空间和肌理,城市面临传承弱化、特色渐失、管控低效等问题。因此,深入挖掘草原城市风貌的影响因素,构建地域性评价指标体系,科学合理评价其风貌现状,有利于保护与传承内蒙古独特的地域风貌,推动城市高质量发展。

1 研究现状概述

城市风貌体系的研究框架部分源于凯文·林奇的城市意象理论,早期研究中多按照城市形态“五要素”对城市建成环境中的风貌要素进行具体解析^[1-2]。但鉴于城市风貌形成机制的多源性与复杂性,后期研究的视野逐渐从建成环境扩大至城市所在区域的自然环境和人文环境等。学者们认为城市风貌体系除了城市空间形态、街区肌理、建筑形式、色彩等建成环境要素外,还需分析影响城市山水格局的自然环境要素,表现地域性文化传承的人文环境要素等^[3-4]。因此,城市风貌应是一个全域、

全要素、多层级的复杂系统^[5-6]。

早期城市风貌量化评价研究多以经验性和系统性关系提取要素,以专家经验确定模型权重^[7-9]。后期研究则因城市风貌体系多维化,将更多新兴的研究技术与方法逐步引入,如计量模型等方法开始应用于城市风貌数据采集、体系构建和综合评价等研究领域^[10-12]。张继刚等^[13]以模糊数学建立评价模型,认为其淡化了数学的“严格性”和严格的推导逻辑关系等特征,较适用于风貌体系评价。何炬等^[14]运用有序多分类logistics模型,定量研究历史文化名城的城市特色风貌感知与影响因素。朱飞^[15]运用模糊解释结构模型(FISM)研究城市文化魅力度的影响因子,通过定量分析筛选出魅力度根本因子。张辉等^[16]在研究影响街道风貌的户外招牌审美评价中,使用相关性检验和回归分析方法,量化各因子与美观度之间的关系。

结构方程模型是一种建立、估计和检验因果关系模型的多元统计分析技术,整合了因子分析、路径分析和多重线性回归分析等方法,权重计算遵循客观的统计规则,适合探索多个潜在变量之间的复杂关系^[17]。学者们将其应用于城市旅游形象的影响路径、历史街区景观评价、地铁站空间文化意象感知影响因素等研究^[18-20]。这些研究表明,结构方程模型对于无法测量的变量,以及变量间存在复杂关系的研究具有优势,可实现对复杂要素系统的筛选与评价功能,使其在更广泛的研究领域进行应用。

内蒙古地区城市风貌研究多集中于历史文化街区、城市色彩、建筑、形象标志、公共空间、景观绿化、街道空间等^[21-23]单要素、小尺度研究内容,针对内蒙古城市风貌的全面、系统性评价相对较少,研究方法以城市意象分析法、文献研究法、实地调研法、案例研究法、对比分析法、SWOT分析法等^[24-27]定性分析方法为主,定量评价城市风貌的研究较少;研究视角多以作者主观感受、专家经验等^[28-30]部分群体的主观判断为主,面向大众的研究相对较少。鉴于内蒙古地区城市风貌要素构成的系统性和复杂性特征,基于群体需求,适应于国土空间规划体系的草原城市风貌评价体系与方法仍应进一步探讨研究。

因此,本文尝试将城市风貌体系与评价模型建立于对内蒙古城市地域差异性的认知基础之上,结合已有文献研究选取评价要素,以调查问卷的方式

收集公众对要素的认知和判定情况,运用结构方程模型对采集的数据进行拟合、修改与评估,构建一套相对科学可行的草原城市风貌评价指标体系,并以锡林浩特市为实证对象,采用模糊综合评价法对其城市风貌进行评价。以期进一步完善内蒙古城市研究体系,为建立具有地域适应性的风貌规划设计、管理机制提供参考。

2 评价指标体系构建

2.1 构建思路

草原城市风貌体系构建过程分为指标初选、关键指标提取、评价模型构建。指标初选即结合地域特色,通过文献梳理选取尽量全面的草原城市风貌要素体系;对专业研究人员开展半结构化访问,对指标进行初筛;结合大范围公众问卷调查,采用结构方程模型进行关键要素识别,构建准确且简洁的评价指标及模型(图1)。

2.2 面向草原城市的评价指标初选

内蒙古地处高原,地形平坦开阔,城市选址往往依山近水,毗邻广袤草原,“望山见水邻草”是其自然环境特征;特色鲜明的草原文化与现代的经济文化共融共生形成其独特的人文环境特征;“因庙而生,因商而兴”促成了草原城市以敖包、寺庙为起点,以商业和居住功能向外扩张的建成环境特征。

本研究基于以上基础特征,初步拟定以“自然环境、人文环境、建成环境”作为草原城市风貌评价的一级指标并进行细化分解,建立三级指标体系。自然环境要素在地域空间的分布和构成情况直接影响城市风貌,主要指草原城市“山、水、草”等自然

要素的可见可达、景观效果、可识别情况等。人文环境反映了城市内涵和精神,是影响城市风貌的间接因素,应包括代表地域特征的传统文化传承、保护、可持续发展情况等。城市建成环境是城市风貌的直接载体,相关要素按“点一线一面”划分,包括敖包、寺庙、其他地标建筑、广场和轴线空间、历史街区、道路和绿廊、城市家具等不同载体对地域风貌的展示情况。

2.3 基于结构方程模型的指标体系构建及分析

2.3.1 数据来源及信效度验证

1)数据来源。采用问卷调查的形式收集数据,本次调查于2023年6—7月集中开展,采取实地调查和线上调查相结合的方式数据进行数据收集。调查对象涉及内蒙古自治区内相关研究方向的专家、学者及居民。调查问卷将表1中的39个三级指标采用李克特五级量表进行评分,分为非常重要(5分)、比较重要(4分)、一般重要(3分)、不重要(2分)和非常不重要(1分)。共发放问卷493份,剔除打分不合理、答案具有明显规律等无效问卷后,最终确认有效问卷362份,问卷有效率达到73.4%。

2)信效度验证。问卷信度是指调查数据结果的一致性和稳定性程度,效度通常是指测量结果的正确程度。采用SPSS软件对问卷数据进行信度分析(表1),量表整体的克隆巴赫系数(Alpha)值高达0.957,各维度指标的Alpha值均大于0.8,表明调查问卷结果非常可信,各指标之间具有很强的相关性,满足结构方程模型进行数据拟合分析的要求。

同样,用KMO和巴特利特(Bartlett)对调查问卷进行了效度分析。通常来说,KMO值高于0.9表示数据非常适合,0.8~0.9表示很适合,0.7~0.8表示适合,

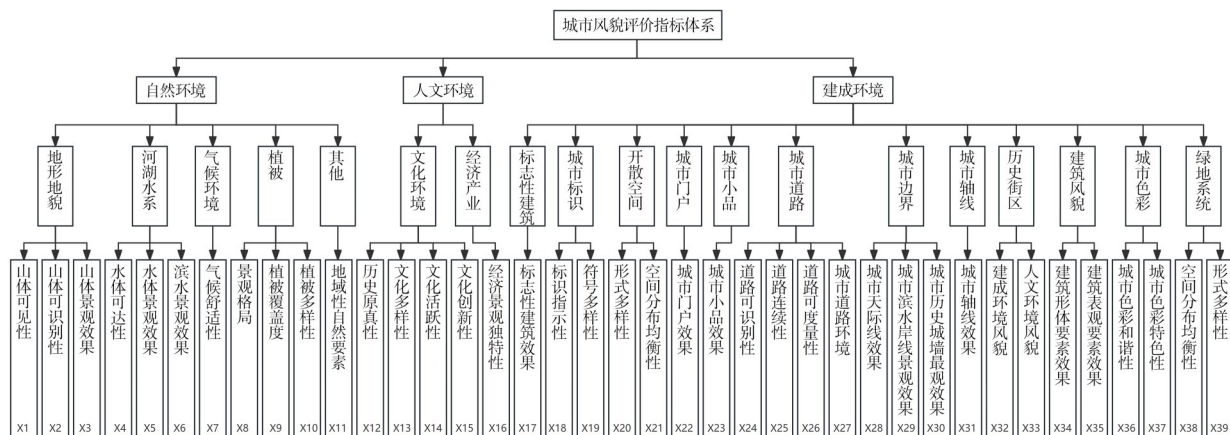


图1 城市风貌评价指标体系

Fig. 1 Urban landscape evaluation index system

表 1 各维度 Alpha 信度分析结果

Table 1 Results of Cronbach's Alpha reliability analysis for each dimension

维度	Alpha	项数	结论
自然环境	0.868	11	信度良好
人文环境	0.840	5	信度良好
建成环境	0.954	23	信度良好
量表整体	0.957	39	信度良好

0.6~0.7表示勉强适合,0.5~0.6表示不太适合,>0.5表示不适合。分析结果如表2所示,KMO测试结果为0.938,高于平均适配0.7;Bartlett统计的显著性为0.000<0.001,符合因素分析的效度指标。

表 2 因子效度检验

Table 2 Factorial validity test

KMO 检验	Bartlett 球形度检验		
	近似卡方	自由度	显著性
0.938	9011.208	741.000	0.000

2.3.2 理论模型构建

本研究依据初步选取的指标,提出一套有待验证的假设模型(图2),识别相对最准确、最简捷的指标体系,建立相对科学可行的草原城市风貌评价指标体系。

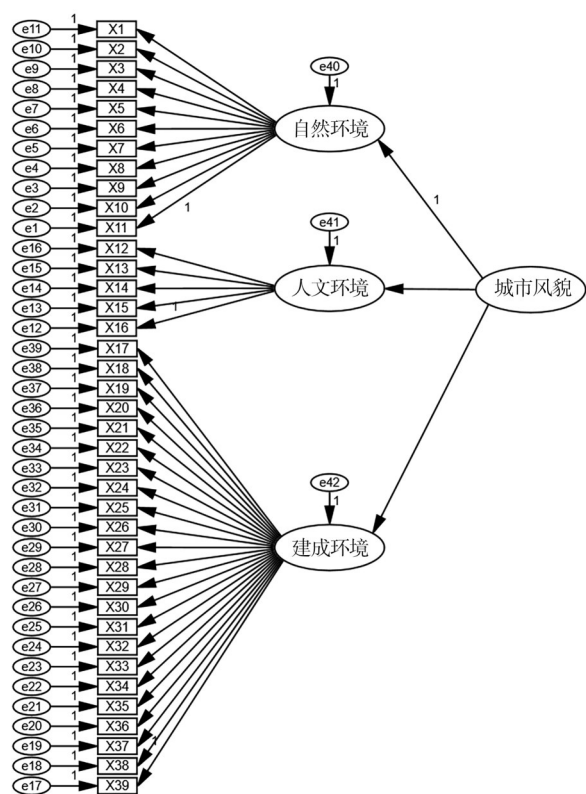


图 2 城市风貌评价指标体系理论模型

Fig. 2 Theoretical model of the urban landscape evaluation index system

2.3.3 模型检验和修正

1) 违犯估计检验。若存在违犯估计,原因通常为存在负误差方差、标准化指数超过或太接近1^[31]。本研究的模型中没有负误差方差,且标准化系数的绝对值都低于0.95,因此该模型并未发生违犯估计,可以进行整体模型的适配度检验。

2) 正态性检验。本文对结构方程模型的估计采用最大似然法,观测变量必须服从大样本正态分布。经检验发现,所有观测变量的偏度、峰度绝对值分别小于3和8,符合正态分布。

虽然模型数据符合单变量常态,但多元变量的峰度值大于5,说明整体模型并不符合多元常态。通常模型若为非多元常态容易因数据违反多元正态造成卡方差异值膨胀,导致模型拟合度变差,因此需要以Bootstrap法修正^[32],进而得到模型拟合度结果(表3)。

表 3 模型适配度评价指标及拟合结果

Table 3 Fitness evaluation indexes and fitting results for the model

指数	模型估计值
均方根误差(RMSEA)	0.04
拟合优度指标(GFI)	0.89
调整拟合良好性指标(AGFI)	0.88
卡方/自由度(χ^2/DF)	1.47
规范适配指数(NFI)	0.89
相对适配指数(RFI)	0.88
相对拟合指数(CFI)	0.96
增值拟合指数(IFI)	0.96

3) 模型修正。在结构方程模型的指标剔除原则中,易丹辉指出应满足各个测量指标的标准化载荷系数值大于0.5且在1%的显著性水平下显著^[17]。据此,山体可见性(X1)和经济景观独特性(X16)的标准载荷系数分别为0.474、0.468(表4),小于0.5,因此将这两个指标删除,得到修正后的模型(图3)。

4) 验证性因子分析及模型拟合指标值。收敛效度通过t检验方法观察变量间收敛效度是否符合要求,主要观察变量为组合信度(CR)和平均变异数萃取量(AVE)。本研究模型的指标标准化因子载荷均大于0.5,CR>0.7、AVE>0.36,即收敛效度通过(表5)。

区分效度采用AVE平方根判断法,主要观察变量为不同潜变量间相关系数与各潜变量AVE平方

表 4 标准化因子载荷系数和显著性结果
Table 4 Standardized factor loading coefficients and significance results

	路径		标准化因子载荷系数	标准误差 <i>SE</i>	临界比 <i>CR</i>	显著性 <i>P</i>
自然环境	<---	城市风貌	0.635			
人文环境	<---	城市风貌	0.830	0.175	6.103	***
建成环境	<---	城市风貌	0.932	0.272	7.102	***
X11	<---	自然环境	0.526			
X10	<---	自然环境	0.574	0.132	8.247	***
X9	<---	自然环境	0.648	0.134	8.878	***
X8	<---	自然环境	0.619	0.123	8.637	***
X7	<---	自然环境	0.591	0.133	8.396	***
X6	<---	自然环境	0.696	0.140	9.248	***
X5	<---	自然环境	0.731	0.140	9.491	***
X4	<---	自然环境	0.696	0.135	9.242	***
X3	<---	自然环境	0.649	0.151	8.887	***
X2	<---	自然环境	0.560	0.151	8.114	***
X1	<---	自然环境	0.474	0.134	7.225	***
X16	<---	人文环境	0.468			
X15	<---	人文环境	0.767	0.199	8.621	***
X14	<---	人文环境	0.803	0.205	8.770	***
X13	<---	人文环境	0.817	0.214	8.822	***
X12	<---	人文环境	0.753	0.183	8.559	***
X39	<---	建成环境	0.715			
X38	<---	建成环境	0.659	0.069	12.342	***
X37	<---	建成环境	0.677	0.078	12.697	***
X36	<---	建成环境	0.713	0.073	13.384	***
X35	<---	建成环境	0.715	0.077	13.412	***
X34	<---	建成环境	0.731	0.072	13.719	***
X33	<---	建成环境	0.726	0.073	13.626	***
X32	<---	建成环境	0.710	0.073	13.324	***
X31	<---	建成环境	0.646	0.079	12.099	***
X30	<---	建成环境	0.705	0.077	13.214	***
X29	<---	建成环境	0.753	0.080	14.139	***
X28	<---	建成环境	0.667	0.083	12.505	***
X27	<---	建成环境	0.644	0.071	12.069	***
X26	<---	建成环境	0.672	0.079	12.587	***
X25	<---	建成环境	0.735	0.072	13.793	***
X24	<---	建成环境	0.672	0.075	12.595	***
X23	<---	建成环境	0.707	0.079	13.261	***
X22	<---	建成环境	0.642	0.078	12.020	***
X21	<---	建成环境	0.727	0.069	13.645	***
X20	<---	建成环境	0.694	0.068	13.011	***
X19	<---	建成环境	0.618	0.082	11.561	***
X18	<---	建成环境	0.670	0.075	12.554	***
X17	<---	建成环境	0.634	0.078	11.878	***

注: *代表 $P < 0.05$; **代表 $P < 0.01$; ***代表 $P < 0.001$ 。

根值,需要满足每个因子的 AVE 平方根值均大于该因子与其他因子相关系数的最大值。分析表 6 可

知,该模型满足要求,说明各个潜变量之间具有一定区分度,数据区分效度符合要求。

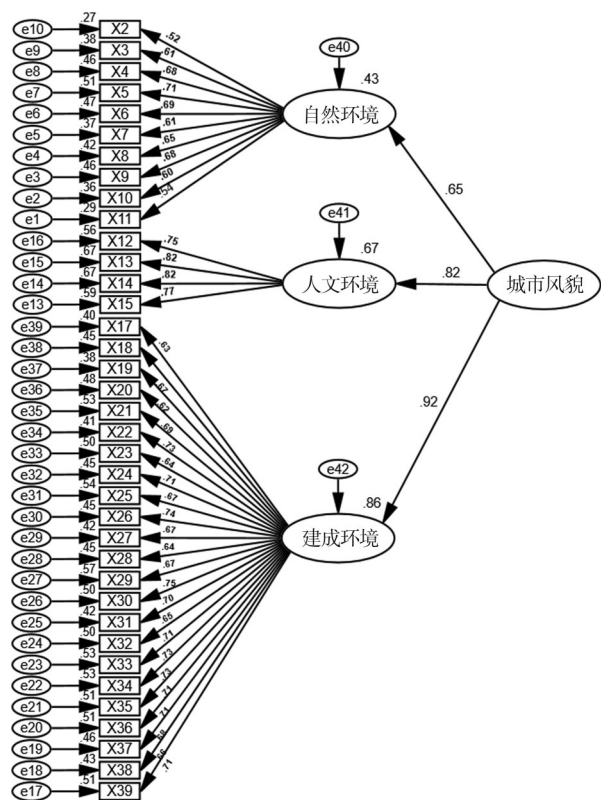


图3 修正后的模型
Fig. 3 Modified model

修正后的模型拟合度指标有所提升(表7),说明修正后模型的适配度更高,指标体系更加科学合理。

2.4 指标体系权重的确立

经过上述对评价指标体系的初步构建、筛选和合理性检验3个阶段,最终识别并构建草原城市风貌评价指标体系,含3个一级指标、19个二级指标和39个三级指标。运用结构方程模型确定指标权重时,需要对同一层面内指标的标准化系数进行归一化处理。计算式为:

$$W_{ij} = \frac{C_{ij}}{\sum_i C_{ij}} \quad (1)$$

式中: W_{ij} 表示第*j*个维度下第*i*个指标的权重; C_{ij} 表示第*j*个维度下第*i*个指标的标准化因子载荷系数。

如历史原真性的权重为:

$$W_{41} = \frac{C_{41}}{\sum_4 C_{41}} = \frac{0.75}{0.75 + 0.82 + 0.82 + 0.77} = 0.237$$

同理可得其他指标的权重,最终形成草原城市风貌评价指标体系(表8)。在城市风貌的影响因子中,最为重要的是建成环境层面,其次是人文环境、自然环境。在建成环境层面,权重最大的为城市道

路环境。在人文环境层面,权重最大的为文化多样性和文化活跃性。在自然环境层面,权重最大的为植被景观格局。

3 锡林浩特市风貌评价实证研究

3.1 研究区概况

锡林浩特市位于内蒙古自治区中东部,地处锡林郭勒草原,属温带半干旱大陆性气候,四季分明,冬季极寒,夏季凉爽,全年降水少,植被以典型草原和草甸草原为主,城市建成区与草原紧密相连,城市建成区面积为37.5 km²(图4)。地势南高北低,北部敖包山、南部平顶山均为低山丘陵,整体平坦开阔,锡林河位于城市西侧,贯穿全城。锡林浩特市是自治区蒙古族人口数量最多的城市,保留了该民族大量传统生活方式和传统节日活动。城市建设以敖包山下的贝子庙为起源,庙前为市民广场,周围分布密集的居住和商业功能区,城市建设沿额尔敦路,由北向南延伸至锡林广场、马都体育活动中心,构成了锡林浩特市最主要的南北景观轴线,将传统风貌区与现代风貌相连接,构建了展示草原城市发展历史和地域民族文化的重要风貌空间(图5、6)。“草城相依”“因庙而生”使得锡林浩特市成为现代草原城市风貌最为鲜明的代表。

但大量相同高度和体量的住宅建筑使得城市形象的可识别性大大降低,建筑立面和屋顶简单的纹样装饰难以深度表达地域文化,此外,街区景观同质、绿化景观单调等问题也较为明显。

3.2 模糊综合评价过程

3.2.1 数据来源

采用线下问卷调查的方式,在锡林浩特市区范围内发放问卷共258份,剔除答案重复等无效问卷,最终确认有效问卷247份,问卷有效率达到了95.7%。

3.2.2 评价过程

1)确定因素集及权重。根据前文构建的指标体系确定主因素和子因素集,并根据结构方程(SEM)模型确定相应的权重。主因素集和权重集为:

城市风貌=(自然环境,人文环境,建成环境),对应的权重集为 $W=(0.272, 0.343, 0.385)$ 。

子因素集和权重集为:

自然环境=(X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X9, X10, X11),权重集 $W_1=(0.085, 0.096, 0.108,$

表 5 潜变量聚合效度检验
Table 5 Convergent validity test of latent variables

	路径		标准化因子载荷系数	SE	CR	P	组合信度 CR	平均方差萃取量 AVE
自然环境	<---	城市风貌	0.654					
人文环境	<---	城市风貌	0.821	0.227	7.615	***	0.846	0.652
建成环境	<---	城市风貌	0.925	0.250	7.262	***		
X11	<---	自然环境	0.539					
X10	<---	自然环境	0.604	0.130	8.645	***		
X9	<---	自然环境	0.681	0.131	9.298	***		
X8	<---	自然环境	0.648	0.120	9.031	***		
X7	<---	自然环境	0.607	0.129	8.674	***	0.868	0.399
X6	<---	自然环境	0.686	0.133	9.342	***		
X5	<---	自然环境	0.713	0.133	9.544	***		
X4	<---	自然环境	0.677	0.128	9.271	***		
X3	<---	自然环境	0.615	0.142	8.740	***		
X2	<---	自然环境	0.520	0.142	7.816	***		
X15	<---	人文环境	0.768					
X14	<---	人文环境	0.816	0.067	15.726	***	0.868	0.622
X13	<---	人文环境	0.818	0.070	15.767	***		
X12	<---	人文环境	0.751	0.063	14.369	***		
X39	<---	建成环境	0.715					
X38	<---	建成环境	0.659	0.069	12.349	***		
X37	<---	建成环境	0.677	0.078	12.689	***		
X36	<---	建成环境	0.713	0.073	13.386	***		
X35	<---	建成环境	0.715	0.077	13.410	***		
X34	<---	建成环境	0.731	0.072	13.720	***		
X33	<---	建成环境	0.726	0.073	13.626	***		
X32	<---	建成环境	0.710	0.073	13.325	***		
X31	<---	建成环境	0.645	0.079	12.088	***		
X30	<---	建成环境	0.705	0.077	13.219	***		
X29	<---	建成环境	0.753	0.080	14.150	***		
X28	<---	建成环境	0.668	0.083	12.511	***	0.954	0.475
X27	<---	建成环境	0.645	0.071	12.074	***		
X26	<---	建成环境	0.672	0.079	12.591	***		
X25	<---	建成环境	0.736	0.072	13.812	***		
X24	<---	建成环境	0.672	0.075	12.592	***		
X23	<---	建成环境	0.707	0.079	13.257	***		
X22	<---	建成环境	0.641	0.078	12.008	***		
X21	<---	建成环境	0.728	0.069	13.656	***		
X20	<---	建成环境	0.693	0.068	13.004	***		
X19	<---	建成环境	0.618	0.082	11.560	***		
X18	<---	建成环境	0.670	0.075	12.550	***		
X17	<---	建成环境	0.634	0.077	11.865	***		

0.103, 0.097, 0.109, 0.113, 0.108, 0.098, 0.083)。

人文环境=(X12, X13, X14, X15), 权重集 W_2 =(0.244, 0.259, 0.259, 0.238)。

建成环境=(X17, X18, X19, X20, X21, X22, X23, X24, X25, X26, X27, X28, X29, X30, X31, X32,

X33, X34, X35, X36, X37, X38, X39), 权重集 W_3 =(0.045, 0.042, 0.043, 0.045, 0.045, 0.046, 0.046, 0.045, 0.041, 0.045, 0.048, 0.042, 0.041, 0.042, 0.046, 0.042, 0.045, 0.040, 0.046, 0.044, 0.039, 0.042, 0.040)。

表 6 潜变量区分效度检验表
Table 6 Discriminant validity test of latent variables

指标	自然环境	人文环境	建成环境
自然环境	0.632		
人文环境	0.328	0.789	
建成环境	0.442	0.584	0.689

表 7 修正模型适配度评价指标及拟合结果
Table 7 Fitness evaluation indexes and fitting results for the modified model

指数	参考值	模型估计值	修正模型估计值	优化情况
RMSEA	<0.08	0.04	0.04	—
GFI	>0.9(>0.8可接受)	0.89	0.90	优化
AGFI	>0.9(>0.8可接受)	0.88	0.88	—
χ^2/DF	<3.0	1.47	1.48	—
NFI	>0.9(>0.8可接受)	0.89	0.90	优化
RFI	>0.9(>0.8可接受)	0.88	0.89	优化
CFI	>0.9(>0.8可接受)	0.96	0.96	—
IFI	>0.9(>0.8可接受)	0.96	0.96	—



图 4 锡林浩特城市鸟瞰
Fig. 4 Aerial view of Xilinhot city

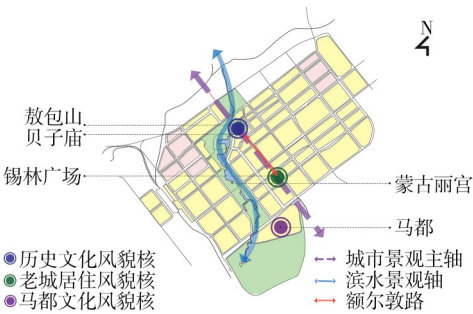


图 5 锡林浩特城市风貌格局示意
Fig. 5 Schematic diagram of Xilinhot's urban landscape pattern



图 6 敖包山、贝子庙、蒙古丽宫、锡林广场(从左至右)
Fig. 6 Mt. Ovoo, Bezi Temple, Mongol Palace, Xilin Square (from left to right)

2)评语集及其量化。确定评语集=(非常认同,比较认同,一般,不太认同,非常不认同),即 $V=(V_1, V_2, V_3, V_4, V_5)=(5, 4, 3, 2, 1)$ 。

表 8 城市风貌评价指标体系
Table 8 Urban landscape evaluation index system

一级指标			二级指标			三级指标			指标描述
指标	权重	排序	指标	权重	排序	指标	权重	排序	
自然环境	0.272	3	地形地貌	0.193	3	山体可识别性	0.085	8	山体的独特性
						山体景观效果	0.096	7	山体及周围环境完整性,景观丰富性等
						水体可达性	0.108	3	水体在城市空间分布均衡性,水体可达性等
			河湖水系	0.303	2	水体景观效果	0.103	4	水体清洁度,水体自身形状、宽窄、水位、弯曲等变化
						滨水景观效果	0.097	6	特指自然岸线,滨水空间生态环境质量,滨水景观特色性
			气候环境	0.105	4	气候舒适性	0.109	2	气候特征的独特性和舒适性
						景观格局	0.113	1	大小、形状各异的植被在空间上的分布与组合
			植被	0.314	1	植被覆盖度	0.108	3	指植被(包括叶、茎、枝)在地面的垂直投影面积占统计区总面积的百分比
						植被多样性	0.098	5	植被类型、修剪形式多样性
			其他	0.085	5	地域性自然要素	0.083	9	沙漠、草原、森林、湿地等自然要素对城市风貌的影响
人文环境	0.343	2	文化环境	0.262	1	历史原真性	0.244	2	历史文物、历史建筑、历史街区、人类文化遗产等物质文化遗产与原真程度
						文化多样性	0.259	1	地区文化要素与文化类型的丰富程度
						文化活跃性	0.259	1	节庆活动、民俗活动等文化活动举办的频次,人们参与的程度,传承的规模,传承利用的活力情况等

续表 8

一级指标			二级指标			三级指标			指标描述
指标	权重	排序	指标	权重	排序	指标	权重	排序	
建成环境	0.385	1	标志性	0.238	4	文化创新性	0.238	3	文化在传承过程中,突破原有文化的局限,赋予新的内容与形式,也就是通过新的创造为文化增添新的成分
				0.048	9	标志性建筑效果	0.045	3	历史建筑和地标的建(构)筑物等的布局、造型、体量、视线通廊等是否具有较好的效果
			建筑	0.088	4	标志指示性	0.042	6	用于需要重点展示的场所或具有代表性的城市空间场所
						符号多样性	0.043	5	图腾与特色符号元素是否凸显特色,形式是否多样,分布是否广泛
			开敞空间	0.092	3	形式多样性	0.045	3	城市开敞空间形式是否多样,是否有特色主题、文化元素融入等
						空间分布均衡性	0.045	3	开敞空间的整体性包括:总量(面积)、数量(个数)、分布(空间的可达性)
			城市门户	0.046	11	城市门户效果	0.046	2	城市门户形式是否多样,城市门户构景元素之间、构景元素与周边环境之间的关系和谐程度
			城市小品	0.046	11	城市小品效果	0.046	2	城市小品形式是否多样,城市小品构景元素之间、构景元素与周边环境之间的关系和谐程度
			城市道路	0.174	1	道路可识别性	0.045	3	沿街的特殊用途和活动聚集处(街道融入传统风俗、活动),特殊的空间特性(如强烈的宽窄对比、高度和宽度的对比),特殊的立面特征
						道路连续性	0.041	7	功能的连续性、空间的连续性、沿街建筑和绿化的连续性
						道路可度量性	0.045	3	视觉清晰性,街道的视觉层次(主要街道需要与众不同)
						城市道路环境	0.048	1	道路格局、道路尺度、道路退线、路面环境等是否有较好的效果
			城市边界	0.125	2	城市天际线效果	0.042	6	天际线的形态连续性、可见性、特色性、形态效果等
						城市滨水岸线景观效果	0.041	7	特指人工岸线和城市滨水岸线的可见性、形态连续性、滨水空间和景观设施特色性、岸线建设的丰富性(如点缀广场、码头节点、边坡绿化加漫步道等)
						城市历史城墙景观效果	0.042	6	历史城墙的可见性、城墙立面的连续性,周边环境的历史风貌是否得到保留,新区建筑与老城区内风格的和谐性
			城市轴线	0.047	10	城市轴线效果	0.046	2	城市轴线沿途的自然景观或建筑景观能否展示城市风貌,轴线的尺度及与两旁建筑物的关系是否舒适
			历史街区	0.086	5	建成环境风貌	0.042	6	历史街区的建筑风貌、街巷空间、配套设施等是否可以展示城市风貌
						人文环境风貌	0.045	3	历史街区的文化要素和人文属性是否能展示城市风貌
			建筑风貌	0.085	6	建筑形体要素效果	0.040	8	建筑高度、建筑肌理和形体布局等是否体现城市风貌
						建筑表观要素效果	0.046	2	建筑物形式的风格类型、色彩和材质、形式细部是否体现城市风貌、凸显地域特色
			城市色彩	0.082	7	城市色彩和谐性	0.044	4	指色彩组合秩序的统一与协调程度,在视觉上整体协调统一,避免出现色彩过于混乱等情况
						城市色彩特色性	0.039	9	城市色彩是否有特色,给人留下较为深刻的印象
			绿地系统	0.080	8	空间分布均衡性	0.042	6	城市绿地是否可以覆盖各区域,各类绿地是否合理布局,城市绿地的可达性
						形式多样性	0.040	8	城市绿地形式、设施、功能、主题活动、生物等是否多样

3)建立模糊评价矩阵。首先由式(2)确定隶属度 r_{ij} ,其次根据各因素对不同等级评语的隶属度建立模糊综合评判矩阵 R_i [式(3)],计算结果见表9。

$$r_{ij} = \frac{\text{评价为第}j\text{个等级的人数}}{\text{评价的总人数}} \quad (2)$$

$$R_i = \left(r_{ij} \right)_{mn} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中: $r_{ij}(i=1,2,3,\cdots,m;j=1,2,3,\cdots,n)$ 代表第 X_i 个

指标对 V_j 等级的隶属程度。

表 9 各评价因子隶属度矩阵和评价分值
Table 9 Membership matrix and evaluation scores for each evaluation factor

主 因 素	子 因 素	隶属度矩阵					评 价 值
		非常 认同 (5分)	比较 认同 (4分)	一般 (3分)	不太 认同 (2分)	非常 不认同 (1分)	
自然 环境	X2	0.39	0.43	0.16	0.02	0.00	4.18
	X3	0.32	0.48	0.17	0.03	0.00	4.08
	X4	0.28	0.33	0.30	0.06	0.03	3.77
	X5	0.27	0.36	0.30	0.06	0.02	3.81
	X6	0.19	0.50	0.24	0.06	0.02	3.79
	X7	0.21	0.39	0.30	0.08	0.02	3.70
	X8	0.22	0.45	0.25	0.07	0.01	3.81
	X9	0.18	0.50	0.26	0.04	0.02	3.79
	X10	0.19	0.46	0.28	0.06	0.01	3.77
	X11	0.26	0.49	0.18	0.05	0.02	3.93
人文 环境	X12	0.32	0.50	0.14	0.03	0.01	4.09
	X13	0.38	0.48	0.10	0.03	0.01	4.19
	X14	0.32	0.52	0.13	0.03	0.00	4.13
	X15	0.36	0.49	0.11	0.03	0.01	4.14
建成 环境	X17	0.32	0.44	0.21	0.02	0.00	4.05
	X18	0.26	0.48	0.23	0.02	0.00	3.99
	X19	0.29	0.49	0.17	0.06	0.00	4.00
	X20	0.26	0.45	0.23	0.04	0.01	3.92
	X21	0.28	0.40	0.27	0.04	0.00	3.92
	X22	0.22	0.37	0.34	0.06	0.01	3.74
	X23	0.20	0.38	0.38	0.03	0.00	3.75
	X24	0.16	0.14	0.39	0.30	0.01	3.14
	X25	0.17	0.30	0.45	0.07	0.01	3.54
	X26	0.13	0.26	0.47	0.13	0.01	3.37
	X27	0.13	0.16	0.38	0.32	0.02	3.07
	X28	0.24	0.40	0.32	0.02	0.01	3.85
	X29	0.18	0.26	0.46	0.07	0.02	3.51
	X30	0.24	0.22	0.45	0.08	0.00	3.61
	X31	0.23	0.51	0.23	0.02	0.00	3.96
	X32	0.18	0.26	0.42	0.13	0.01	3.46
	X33	0.24	0.38	0.31	0.07	0.01	3.77
	X34	0.18	0.23	0.43	0.15	0.01	3.43
	X35	0.23	0.40	0.33	0.04	0.00	3.82
	X36	0.21	0.38	0.34	0.06	0.01	3.72
	X37	0.20	0.41	0.31	0.06	0.01	3.73
	X38	0.23	0.24	0.45	0.07	0.01	3.61
	X39	0.15	0.21	0.39	0.23	0.01	3.27

4)综合评价。评价模型 B 为:

$$B=W\times R \tag{4}$$

首先,进行一级模糊综合评价得:

$$B_1=W_1\times R_1=(0.249,0.436,0.248,0.054,0.014)$$

$$B_2=W_2\times R_2=(0.344,0.496,0.121,0.029,0.009)$$

$$B_3=W_3\times R_3=(0.216,0.339,0.346,0.091,0.008)$$

B_1 、 B_2 、 B_3 分别表示评价因素“自然环境”“人文环境”“建成环境”的模糊综合评价。

其次,对上述一级模糊综合评价进行整理,得到评价目标“城市风貌”的模糊判断矩阵 R 为:

$$R=(0.249,0.436,0.248,0.054,0.014,0.344,0.496,0.121,0.029,0.009,0.216,0.339,0.346,0.091,0.008)。$$

根据前文得到的权重集 W 和模糊判断矩阵 R 进行二级模糊综合评价,得:

$$B=W\times R=(0.269,0.419,0.242,0.060,0.010)$$

3.3 结 果

3.3.1 评价结果

根据最大隶属度原则,可见市民对于锡林浩特市的整体城市风貌评价等级为比较认同,其中,自然环境、人文环境的评价等级为比较认同,建成环境的评价等级为一般。2022年国土空间规划锡林浩特市的体检评估调查结果为总体满意度较高,这与本研究评价结果大致相同,说明该指标体系具有合理性。

3.3.2 评价分析

1)文化环境整体评价得分最高。不论文化的多样性,还是活跃性和创新性,市民都认为锡林浩特市对于传统文化的保护与传承情况较好。锡林浩特市作为草原城市的典型代表,城市起源与民族文化、宗教文化息息相关,敖包山、贝子庙宗教建筑群、庙前广场等既是城市风貌的核心,也是承载着传统精神的空间场所,周边现代建筑的风格、色彩和装饰都极具地域特色。同时,民族语言、民族服饰、特色餐饮、传统节庆活动等方面均传承了相对完整的蒙元文化元素,丰富的非遗文化宣传活动使得公众对地域文化的感知直接且深刻。此外,现代马文化活动和马产业的蓬勃发展给锡林浩特市带来了特色鲜明、活跃度高的城市文化形象,营造了良好的社会文化氛围。

2)自然环境整体评价得分较高。自然环境层面评价得分最高的是山体可识别性。锡林浩特市城市建设密度低、视廊通透,平顶山、敖包山虽为低山丘陵,起伏平缓,但轮廓清晰,与周边的平原形成鲜明对比,且山体经过生态修复后绿化率较高,大大提升了识别性和景观性。敖包山为城市核心景

观节点,也是南北景观轴线的起点,大大增强了山体的可识别性,同时也营造了良好的山体景观,山体景观效果的评价得分也较高。但气候舒适程度的评价得分较低,主要在于城市四季分明,冬季寒冷且漫长,全年降水少、气候干燥风力较强,沙尘天气多。植被多样性和水体可达性的得分也较低。受气候环境影响,锡林浩特市植被类型以草地为主,乔木、灌木等物种不丰富,部分次干路和支路绿化植被乔木少,色彩单调、季相变化不明显,蒙元文化广场、贝子庙广场、火车站前广场等主要公共空间硬化为主,绿化率低,也使得公众对植被情况评价较低。锡林河贯穿锡林浩特市南北,但因整体偏向城市西侧,且河流南端位于锡林浩特生态植物园内,未打造完整、明显的城市滨河景观带,因此水体可达性在市民感知中较低。

3)建成环境整体评价得分最低。首先,城市道路环境评价得分最低。锡林浩特市以额尔敦路为主要景观轴线,城市路网沿此轴线展开,整体格局较为规整,道路环境较为整齐有序。但贝子庙历史建筑群周边紧邻密集的商业区和多层居民楼,导致历史风貌核心区的环境评价较低。其次,邻近贝子庙的沿街建筑色彩以蓝白为主,建筑界面有蒙元文化符号装饰,极具地域特色,但部分市民对此类“穿衣戴帽”表皮化改造的认同感较低。同时,由于额尔敦路道路两侧以现代商业建筑为主,由北向南的地域特色越来越弱,商业氛围渐行渐浓,使得公众对这条锡林浩特主要景观轴线道路的可识别性、建筑形体的评价也相对偏低。但在建成环境中地标符号和地标建筑的评价得分相对较高,地标符号是将蒙古族特有的花边、云纹、冠饰等纹饰图样或色彩通过雕刻、镶嵌、彩绘、铁艺等艺术手段装饰在现代建筑外立面、地面铺装、指示牌、雕塑或城市家具中,直观地反映了锡林浩特市的地域文化特征。

4 结 论

随着城市的快速发展,出现了城市文化底蕴淡化、地域特色彰显不足、城市风貌管控低效等问题,科学合理地评价城市风貌有利于规划者准确认识到现存问题,使其保护与塑造之路更加清晰。鉴于针对内蒙古草原城市风貌评价研究较少,本文结合前人研究,按照综合评价指标体系构建的流程和原则,采用结构方程模型构建风貌评价指标体系,并以锡林浩特市为例进行实证分析。通过上述分析,

得出以下结论:

1)城市风貌评价指标的问卷量表有良好的信效度;结构方程模型的收敛效度、区分效度以及适配度指标均达到要求,满足标准,说明该指标体系较科学合理。这一草原城市风貌量化评价体系增加了城市风貌评价的量化分析方法,在具有科学性和客观性的基础上,运用结构方程模型评价城市风貌简便且容易操作,并具有一定的合理性。

2)经过文献分析法初步筛选要素,调查问卷收集公众对要素的认知和判定情况,运用结构方程模型确定评价指标权重并验证指标体系,该方法既兼顾了主客观的意见,又避免了赋权法的缺陷,具有一定的兼容性与科学性。根据求得的权重来看,建成环境被赋予的权重最大,人文环境、自然环境次之。由此可见,对建成环境的评价相对于其他指标显得尤为重要,这无疑聚焦了城市风貌保护与塑造中的着力点。

3)采用该指标体系对锡林浩特市进行风貌评价,所得评价结果与城市体检调查结果具有一致性,对于城市的整体风貌评价较认同。在自然环境方面评价等级为比较认同,尤其对于山体可识别性、山体景观效果的评价较高,而对于水体可达性、植被多样性、气候舒适性评价一般,有待提升。在人文环境方面评价等级为比较认同,其中文化多样性、创新性和活跃性都较满意。而在建成环境方面评价等级为一般,其中城市道路环境、绿地系统的形式多样性评分较低,应积极改善城市道路环境、增加多样化的绿化、广场、公园等,提升城市环境质量。

未来研究还需要思考:由于公众的认知与判定具有差异性,虽然样本采集覆盖了不同年龄、职业、居住年限等群体,但仍存在一定的局限性,因此未来研究应将人口变量作为控制变量纳入模型,或者在分析中检验这些变量对城市风貌评价研究的影响。

参 考 文 献

- [1] 杨华文,蔡晓丰.城市风貌的系统构成与规划内容[J].城市规划学刊,2006(2):59-62.
- [2] 袁青.城乡统筹背景下的城乡风貌规划研究[M].北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [3] 毕书卉,黄文柳,杨毅栋.城市风貌景观管控体系的探索与实践:以杭州总体城市设计为例[J].上海城市规划,2018(10):41-46.

- [4] 孔亚璋,王丽娜.城市风貌的层次构建与系统保护:以山东典型城市为例[J]. 华中建筑, 2014(10):104-106.
- [5] 雷诚,王玲,杨亚峰,等.全域城市设计风貌营建体系与应用:以X航天城为例[J]. 规划师,2023,39(6):35-42.
- [6] 朱古月,沈冠庆.城市特色风貌解析及其导控路径:基于时空逻辑视域下[J]. 城市发展研究,2025,31(1):19-24.
- [7] 王晓,吕茂鹏.试论城市风貌特色评价体系[J]. 华中建筑, 2016,34(1):16-18.
- [8] 蔡晓丰.基于系统理论的城市风貌及其评价研究[J]. 新建筑,2007(2):4-7.
- [9] 蔡晓丰.城市风貌解析与控制[D]. 上海:同济大学,2006.
- [10] 陈旭阳,章颀,徐兵.基于信息图谱的中等城市特色风貌营造方法与实践[J]. 规划师,2024,40(11):85-94.
- [11] 闫怡然,李和平.传统风貌区的价值评价与规划策略:以重庆大田湾传统风貌区为例[J]. 规划师,2018,34(2):73-80.
- [12] 郭睿.基于景观效用测度的城市街道风貌量化评价研究[D]. 长沙:中南大学,2023.
- [13] 张继刚,蒋勇,赵钢,等.城市风貌的模糊评价举例[J]. 华中建筑,2001(1):18-21.
- [14] 何炬,张文忠.城市体检背景下历史文化名城城市特色风貌感知与影响因素[J]. 中国名城,2021,35(11):13-20.
- [15] 朱飞.基于模糊ISM模型的城市文化魅力度提升路径研究[J]. 无锡商业职业技术学院学报,2023,23(1):47-54.
- [16] 张辉,钱锋,梁夏,等.风貌保护道路户外招牌(牌匾)审美评价量化研究:以上海市福州路为例[J]. 上海城市规划,2020, (3):123-128.
- [17] 易丹辉.结构方程模型:方法与应用[M]. 北京:中国人民大学出版社,2008.
- [18] 江金波,赫瑞娜.基于结构方程模型的城市旅游形象影响路径研究:以西安市为例[J]. 人文地理,2015,30(3):130-136.
- [19] 刘江,杨玲,张雪藏.声景感知与历史街区景观评价的关系研究:以福州三坊七巷为例[J]. 中国园林,2019,35(1):35-39.
- [20] 张茜,严建伟,蔡朝阳.地铁站空间文化意象感知影响因素研究:以北京老城历史街区内地地铁站为例[J]. 南方建筑,2021, (6):85-93.
- [21] 查萨娜.蒙古族色彩在城市色彩景观设计中的应用研究[D]. 西安:西安建筑科技大学,2015.
- [22] 王雨坤,郭丽霞.草原城市历史街区空间环境评价方法实证研究:以呼和浩特市为例[J]. 内蒙古工业大学学报(自然科学版),2021,40(2):143-152.
- [23] 安逸伦,郭丽霞.人行动态视角下草原城镇建筑高度分析研究:以锡林郭勒盟新宝拉格镇为例[C]//人民城市,规划赋能:2023中国城市规划年会论文集(18小城镇规划),武汉:2023: 299-311.
- [24] 吴迪,刘德明,赵紫宇.内蒙古地域工业建筑遗产风格特色探析[J]. 工业建筑,2023,53(10):23-28.
- [25] 张嵩.城市风貌规划策略研究[J]. 内蒙古科技与经济,2020 (2):58-59.
- [26] 苏勇.基于城市意象建构的历史文化名镇特色风貌营造研究:以内蒙古多伦淖尔镇中心城区为例[C]//2019年中国建筑学会建筑史学分会年会暨学术研讨会论文集(下). 北京:中央美术学院建筑学院,2019.
- [27] 于相贤.基于SWOT分析的内蒙古城镇旅游形象设计研究[J]. 中国经贸导刊(理论版),2017(14):50-53.
- [28] 白胤,赵鸿,李洪健,等.体验经济视角下内蒙古乡村旅游预评价研究[J]. 西南大学学报(自然科学版),2025,47(1): 122-133.
- [29] 王彦开,荣丽华,孙彬彬,等.基于推拉理论的内蒙古特色小镇发展潜力评价[J]. 小城镇建设,2024,42(3):85-93.
- [30] 钟静.内蒙古风貌建筑探讨[J]. 建材世界,2012,33(6): 140-143.
- [31] BOLLEN K A. Structural equations with latent variables [M]. New York:John Wiley & Sons,1989.
- [32] BOLLEN K A, STINE R A. Bootstrapping goodness-of-fit measures in structural equation models [J]. Sociological Methods & Research,1992,21(2):205-229.