

基于地域文化的悬挂式单轨列车造型设计方法研究

李钰, 吴林青, 董石羽
(西南交通大学, 成都 610031)

摘要: **目的** 针对文创产业易出现的文化语意与设计脱节等现状, 围绕设计的流程与方法, 寻找基于地域文化的产品设计新思路, 激发文创产品创新设计潜能。**方法** 通过数据检索、用户感性认知、资源库构建的方式记录收集地域文化相关的资料, 综合运用数据挖掘、符号学的方法, 筛选出适用于列车造型设计的核心设计元素。针对设计元素进行方案设计, 并运用模糊综合评价法对方案进行验证评价。**结果** 通过以西安市地域文化为例的悬挂式单轨列车设计实践, 验证了基于地域文化的单轨列车造型设计方法在设计中的可行性。**结论** 基于地域文化的悬挂式单轨列车造型设计方法是基于地域文化设计的一种系统性方法, 能够有效地为方案设计提供思路、激发设计创意, 为同类设计提供参考。

关键词: 地域文化; 设计方法; 单轨列车; 元素提取; 西安

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)22-0138-10

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.22.018

The Design Method of Suspension Monorail Train Based on Regional Culture

LI Yu, WU Lin-qing, DONG Shi-yu
(Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

ABSTRACT: The paper aims to study the current situation of disconnection between cultural meaning and design in cultural and creative industries, around the process and method of design, a new ideas of product design based on regional culture are sought to stimulate the creative design potential of cultural and creative products. Through the data retrieval, user perceptual cognition and resource database construction to record and collect information related to regional culture, and the core design elements suitable for train modeling design are selected by comprehensive use of data mining and semiotics. The scheme is designed according to the design elements and the scheme is verified and evaluated by fuzzy comprehensive evaluation method. Through the design practice of suspended monorail train taking Xi'an regional culture as an example, the feasibility of the modeling design method of monorail train based on regional culture is verified. The modeling design method of suspended monorail based on regional culture is a systematic method based on regional culture design, which can effectively provide ideas for scheme design, stimulate design creativity, and provide reference for similar designs.

KEY WORDS: regional culture; design method; monorail trains; element extraction; Xi'an

近年来,我国城市化进程的加快使得人们在精神文化层面的需求不断增长。城市轨道交通系统作为城市发展的重要环节,其设计不仅是城市文化的名片,

也是地域文化的重要载体,而现有轨道交通系统却面临着不能满足人们不断增长的精神文化需求的尴尬状况^[1]。在此情况下,城市轨道交通系统中的地域文

收稿日期: 2021-09-18

基金项目: 教育部人文社会科学研究项目“中国高速列车设计基因研究与创新再设计”(18YJA760011)

作者简介: 李钰(1995—),女,四川人,西南交通大学硕士生,主攻交通工具设计、产品设计、交互设计。

通信作者: 董石羽(1971—),男,四川人,西南交通大学副教授,主要研究方向为产品设计理论、服务设计、交通工具设计理论。

化应用成为国内外关注的重点。目前国内外学者对地域文化符号在本土列车中的设计研究也比较广泛。何思俊等对城市轨道列车外观设计中的文化传递进行了研究^[2]；张榆等从民族文化的角度对轨道车辆的造型进行了设计研究^[3]；王海霞等基于文化与心理学的视角对高速列车的涂装进行了设计研究^[4]；陈威等从襄阳三国文化的角度出发对轻轨车辆的外观造型进行了设计研究^[5]；曾晨等从成都文化的角度对悬挂式单轨列车的造型进行了设计^[6]；然而，上述研究主要集中于对轨道交通列车进行方案的设计，对于基于地域文化的轨道交通造型设计的方法尚未进行系统性的研究。因此，本文拟提出一种基于地域文化的轨道列车造型设计方法，并通过一系列完整的设计及评价方法，将西安的地域文化融入悬挂式单轨列车的造型设计中。

1 悬挂式单轨列车造型设计特征

与传统轨道交通不同，单轨交通的特点是以单根带形梁体为轨道，轨道梁由钢结构或砼立柱高架支撑，按照车辆跨座或悬挂于轨道梁的方式不同可分为

跨座式和悬挂式 2 种^[7]。我国目前的单轨交通仅有跨座式单轨，暂未有正式运行中的悬挂式单轨线路，但随着我国自主研发的世界首条新能源悬挂式空中轨道列车试验线在成都双流试验成功^[8]，悬挂式单轨交通逐渐成为我国铁路建设的侧重点，空中轨道交通设计研究的需求也越来越大。

1.1 概念与定义

悬挂式单轨铁路又被称为空轨或空中列车，具有视觉效果好、线路适应性强、运营安全可靠、建设周期短、对环境友好、建设成本低等优点^[9-10]。其基本原理是车辆行驶部于轨道梁上运行，车身箱体悬挂于行驶部之下。当前，国内外的悬挂式单轨铁路，除了游乐园内专门运载乘客于园区内运行的小型悬挂式单轨外，主要应用于城市人口稠密的地区以运载乘客。

1.2 悬挂式单轨列车造型结构分析

悬挂式单轨交通是一种轨道为单根带形梁体，轨道梁由支撑柱支撑，轨道梁下部开口，车辆悬挂于梁下的交通模式，具体造型结构特点见表 1。本文设计原型采用的是 SAFEGE 型悬挂式单轨列车。

表 1 悬挂式单轨外观造型结构分析
Tab.1 Analysis on appearance modeling structure of suspended monorail

车辆类型	造型特点	车辆编组	国内外典型列车
非对称钢轮-钢轨型	钢轨铺设在钢制桁架梁上，钢制车轮的转向架运行于钢轨上，车厢悬挂于桁架梁下，悬挂构件布置在轨道梁一侧	1-2 辆	 德国伍珀塔尔悬挂式单轨
“工”字轨道悬梁悬挂型	线路的轨道梁为“工”字形截面梁，车轮嵌在梁上运行。车轮由特殊材料制成，用于承受自重和载重且由链传动电机驱动	3 辆	 巴西 Aldeia do Papai Noel 公园 悬挂式单轨
非对称悬挂胶轮型	非对称悬挂，悬挂构件安装于轨道梁一侧。取消了转向架上的钢轮，使用橡胶轮胎	2 辆	 东京上野动物园悬挂式单轨
SAFEGE 型	对称式悬挂，轨道梁为底部开口的钢制箱型梁，橡胶轮胎的两轴转向架运行于轨道梁内部，转向架上设走行轮和导向轮，沿着箱型梁内部的轨道运行。悬挂构件通过箱型梁底部开口将车体和转向架连接起来	2-3 辆	 日本千叶市的悬挂式单轨

2 基于地域文化的造型设计方法及理论

文化作为一种社会现象,是人们在长期社会生活中通过创造形成的产物^[11]。地域文化作为文化的一种,可理解为在特定的地域和特定的时间内创造的文化,是人们在社会生产过程中所创造的精神生产和物质生产的总和^[12],主要包括地域的物质文化、制度文化和精神文化,如一定区域范围内长期形成的历史遗存、文化形态、社会习俗、生产生活方式等,是支撑区域内人们生存和发展的重要精神力量^[13]。

本文基于地域文化的造型设计方法以文本挖掘和用户感性认知为核心,综合运用符号学等典型设计学知识对提取的元素进行统筹设计。

2.1 资源库创建

资源库构建的本质是信息的收集和整理,包括数据挖掘建立的网络资料库和用户访谈建立的感性认知库。设计人员在资源库建立的过程中,可以加深印象、激发设计灵感,实现设计构思的相关信息积累,同时,构建完成的资源库也为下一步的设计提供了基础。

2.1.1 网络资料库

随着云时代的来临,大数据已经进入社会生活的各个层面,能够精准反映人民的生活状态和感受。Web 数据挖掘是数据挖掘在 Web 上的应用,它利用数据挖掘技术与万维网相关的资源和行为中抽取潜在的、有用的信息或模式,具体可分为 Web 内容挖掘、Web 结构挖掘、Web 用法挖掘等。Web 内容挖掘^[14]是从 Web 页面内容、数据或文档中获取知识或信息的过程。本文数据挖掘的核心是基于关键词文本检索的 Web 内容挖掘。运用 Web 检索系统,通过计算机网络,在中国知网、百度百科、知乎、百度贴吧、微博等信息检索网站上收集相关内容,将收集的内容整合为一个新的文本文件,以得到研究语料,并将该语料进行分词处理,运用词频分析软件对其进行词频分析,获取期望得到的信息。

2.1.2 感性认知库

根据马斯洛层次需求理论,随着时代的发展,用户需求发生了实质性的变化,感性需求的满足成为了用户的共同追求。因此,如果设计不能满足用户的需求或认知,将会在市场的优胜劣汰中处于弱势地位^[15]。为了满足用户对城市轨道交通的归属感和个性化的感性需求,在列车设计中,将用户的感性认知转化为用户需求,将设计与文化有机结合,是增强轨道交通附着文化内涵的重要手段,同时,在列车设计过程中,具有现代化交通属性的悬挂式单轨列车也不应与地域文化在表达上发生冲突。本文构建感性认知库的

对象是与该地域文化产生接触的相关用户。通过用户访谈、问卷调查等形式,了解用户对该地域文化的感性认知,收集用户对地域文化的意象词汇,建立造型元素意象空间。

2.2 元素筛选与应用

元素选择与应用在设计过程中对设计结果起着关键性影响,因此,在资源库构建完成后,合理地进行元素筛选与应用也至关重要。通过对资料库分析得到的词汇进行综合评估筛选,筛选出最具代表性的文化元素,并将这些代表元素进行内涵挖掘及图片检索,总结出代表性文化元素列表。在方案应用阶段,可采用多种设计手法将挑选出的地域代表性元素进行统筹设计,构建多个方案样本。

2.3 方案评价

正确的评价工作是为了获得好设计的一种检查手段,也是在设计过程中全面衡量设计方法和效果的一种思考方法。模糊综合评价法^[16-17]作为一种常用的评价方法,能够将模糊、难以量化的定性评价转化为定量评价,并利用模糊数学^[18]进行科学的量化分析。运用模糊综合评价法进行文化关联性评价,有助于对设计实践进行二次验证,寻找到最佳方案。

3 基于地域文化的造型设计流程

基于地域文化的轨道交通装备造型设计,提出了基于地域文化和感性工学的造型设计流程,见图1。

第一步:通过定量的方式,运用数据挖掘中的数据库方法^[19],以该代表性文化为关键词,在中国知网、百度百科、百度贴吧、知乎等网站进行文本收集与筛选,运用 SPSS/ROST 等数据分析软件,统计出文本的高频词汇。

第二步:通过定性的方式,利用用户心理意向测试即用户的感性认知对该地域文化元素进行感性分析,统计出感性意象词汇。

第三步:将定性和定量的调研结果通过语意词汇表达出来,并对元素进行评价优选,构建代表文化元素列表。针对其中最具代表性的元素进行深入的调研分析,提取出该文化的显性特征和隐性特征,构建元素分析图谱。

第四步:通过形态分析法等理论对悬挂式单轨列车的外观造型特征进行分析和提取,结合单轨列车造型设计基本要求,对选取的文化元素进行加工处理融入。运用建模软件将提取的设计因子方案应用于单轨列车造型设计实践,以3个方案以上为最佳。

第五步:运用模糊综合评价法对上述多个具体方案进行二次验证,优选出一个最佳方案,以此作为基于地域文化的悬挂式单轨列车最终造型设计方案。

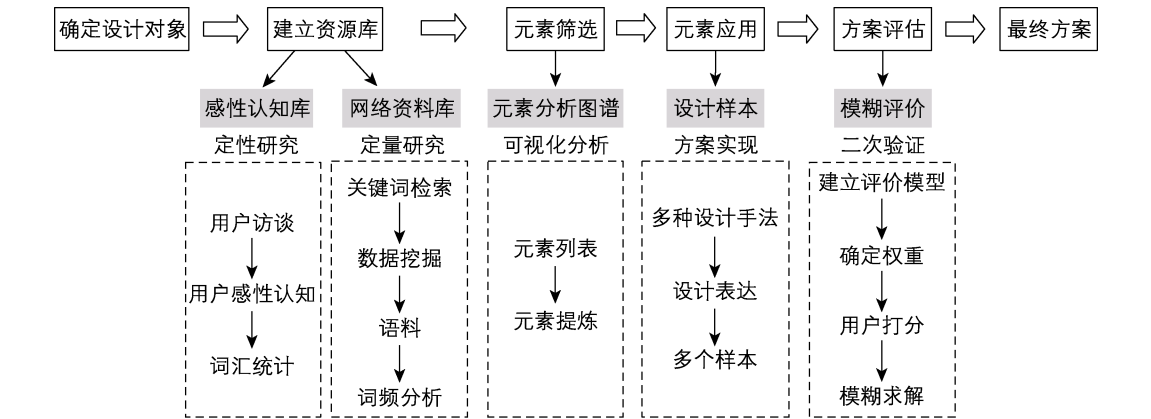


图 1 设计流程
Fig.1 Design process

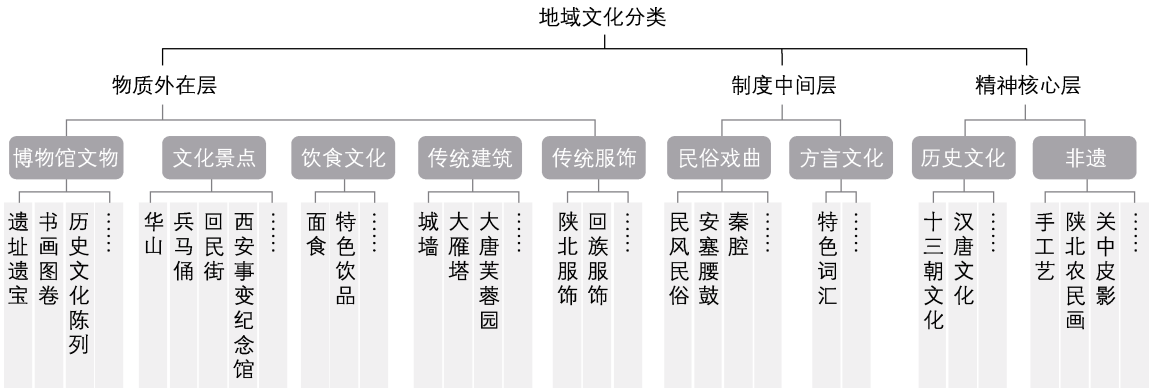


图 2 地域文化分类模板
Fig.2 Regional culture classification template

4 设计实例

西安市位于渭河流域中部的关中盆地，是陕西省的省会，古称长安，是中国四大古都之首、十三朝古都。其历史源远流长，周秦汉唐，中国历史上鼎盛的王朝皆定格于此，文物馆藏跨越百万年，是丝绸之路的起点。文化底蕴深厚，拥有 9 个国家一级博物馆，6 处世界遗产，全国重点文物保护单位 41 处、省级 65 处、市县级 176 处。

4.1 西安代表文化资源库建立

4.1.1 感性认知库

首先，邀请 10 名西安市本土用户及 20 名在西安居住过或旅游过的外地用户进行西安市文化元素的感性意向测试，参考西安地域文化分类模板，见图 2^[20-21]，经过用户的感性评价，分析得出西安市地域文化的感性词汇，建立西安文化感性意象认知词汇库。感性词汇收集见表 2。

4.1.2 网络资料库

其次，以西安市文化为关键词，以 2009 年 1 月至 2019 年 9 月为时间段，在中国知网、百度百科、知乎、百度贴吧，进行文本收集与筛选，形成近 15

万字的文本文件，命名为《西安代表文化》。将该文本文件导入 ROST 词频分析软件进行处理，统计出文本的高频词汇^[22]。将统计出的高频词进行整理筛选，去除一些不合适词汇及元素，得到 50 个西安市代表性文化的高频词，建立西安文化网络资料库。西安代表文化高频词见表 3。

4.2 元素筛选

4.2.1 图形元素筛选与提取

将以上通过定性与定量研究分析出来的词汇进行综合评估筛选，筛选出 10 个最具代表性的文化元素，分别为长安、博物馆、大雁塔、兵马俑、饮食、古都、唐朝、城墙、遗址、钟楼。将这 10 个代表元素进行内涵挖掘及图片搜索，总结出西安最具代表文化元素列表，见表 4。

4.2.2 元素提炼

经过综合比较分析，确定了兵马俑、博物馆、大雁塔 3 个元素为方案元素。为了清晰直观地获取元素图形设计因子，针对挑选出的文化元素进行深入的调研分析，提取出该文化的显性特征和隐性特征，显性特征如色彩、形态等外在表现特征，隐性特征如语意内涵、象征意义等内在隐含特征。根据显性特征、隐

表 2 感性词汇收集
Tab.2 Perceptual vocabulary collection

序号	词 汇														
	三个形容西安的词汇					代表类型举例					代表性历史文物				
备注	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	古城	韵味	繁华	肉夹馍	大雁塔	biangbiang面	文化景点	白鹿原影视城	秦岭野生动物园	兵马俑	华山	秦朝	古城墙	永宁门	灰色
2	古都	贼城	油泼面	雾霾	油泼面	兵马俑	文化景点	兵马俑	大雁塔			唐墓壁画	鎏金鹦鹉纹提梁银罐		黄色
3	古朴	方正	壮观	兵马俑	华清池	乾陵	建筑文化	城墙	华清池	回民街		秦腔	兵马俑	碑林	灰色
4	历史	繁华	学术	凉皮	肉夹馍	秦腔	建筑文化	钟鼓楼	古城墙	大雁塔		半坡遗址	唐三彩骆驼载乐俑		红色
5	发展迅速	人数激增	独一无二	人数激增	白鹿原	大雁塔	方言文化	罢咧	漏闲传	克里马擦	都成怂咧	昭陵六骏	兵马俑	碑林	砖瓦色
6	古韵	厚重	历史	钟楼	大唐西市	小寨	建筑文化	大雁塔	钟楼	兴庆宫		兵马俑	何家村金器		
7	古都	文化	美食	裤带面	大雁塔	窑洞	历史文化	十三朝文化	城墙文化	汉唐文明		独孤信多面体印	半坡遗址		红色
8	发展快速	历史悠久	充满魅力	兵马俑	古城墙	钟楼	文化景点	钟楼	兵马俑	古城墙		九环锡杖			红色
9	文化底蕴	美食	方言	兵马俑	秦始皇陵	杨贵妃墓	历史文化	建筑文化	后宫争斗			铜车马			褐色
10	庄重	朴素	交通规划不合理	大雁塔	回民街	钟楼	历史文化	唐朝文化	汉朝文化	镏金兽首玛瑙杯		镏金兽首玛瑙杯	青釉提梁倒注瓷壶	独孤信多面体印	金黄色
11	贼城	美食	雾霾	古城墙	肉夹馍	大学城	文化景点	回民街	兵马俑	钟鼓楼		西周柞钟	鼎		灰色
12	美食	文化	交通不好	钟楼	肉夹馍	羊肉泡馍	建筑文化	钟楼	大雁塔	古城墙		兵马俑	葡萄酒鸟纹银香囊	陕博壁画	褐色
13	古都	朴实	美食	坝	臊子面	古城墙	建筑文化	钟楼	华清池	大唐西市	大雁塔	兵马俑	瓷器	瓦当	金色、红色
14	古朴	庄严	传统	兵马俑	羊肉泡馍	大雁塔	历史文化	汉唐服饰	纹样瓦当	胡人器皿		金怪兽	鎏金银竹节铜熏炉	鎏金铁芯铜龙	棕红色
15	民俗风情	文化	风格鲜明	兵马俑	羊肉泡馍	肉夹馍	文化景点	兵马俑	华清池	华山	回民街	镏金兽首玛瑙杯	葡萄酒鸟纹银香囊	鸳鸯莲瓣纹金碗	黄色

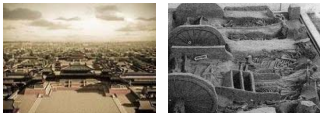
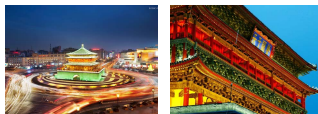
续表 2

序号	词汇																
	三个形容西安的词汇				代表类型				代表类型举例				代表性历史文物				代表色
备注	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O		
16	古都	历史	美食	大雁塔	钟楼	唐朝妆容服饰	博物馆文物	陕西历史博物馆	鎏金银竹节铜熏炉	青釉提梁倒注瓷壶	鸳鸯莲瓣纹金碗				金色		
17	热	方言	油泼面	擀面皮	肉夹馍	秦腔	饮食文化	擀面皮	肉夹馍	大碗宽面		瓦当	碑林	伎乐纹八棱金杯	黄色		
18	历史	文化	经济发展	大唐不夜城	骡马市	秦岭野生动物园	方言文化	嘹咋咧	喔女子美太太	瓜皮		兵马俑	鎏金兽首玛瑙杯	鎏金舞马衔杯银壶	黑色		
19	盛唐	历史	丝绸之路	钟楼	古城墙	皮影	建筑文化	大雁塔	钟楼	鼓楼		碑林	半坡彩陶	皮影	赤红、浅灰		
20	古城	厚重	沧桑	古城墙	兵马俑	肉夹馍	历史文化	十三朝文化	汉代漆器	唐朝大明宫	秦朝文化	兵马俑	舍利子	唐三彩	土黄色		
21	忙碌	古都	热情	肉夹馍	秦岭	古墓	历史文化	唐诗	唐三彩	丝路文化	汉文化	铜车马	舍利子	鎏金银竹节铜熏炉	灰色		
22	古老	新生		钟鼓楼	大雁塔	唐文化	饮食文化	羊肉泡馍	biangbiang面	冰峰	肉夹馍	兵马俑	西周柞钟	唐三彩	土黄色		
23	地铁拥堵	美食	无春秋天	肉夹馍	羊肉泡馍	冰峰	方言文化	嘹咋咧	美的很	娃呀		兵马俑	葡萄花鸟纹银香囊	钟楼	土黄色		
24	古都	文化	低调	陕西历史博物馆	肉夹馍	唐朝文化	历史文化	唐朝文物	汉唐服饰	秦朝文化		鎏金兽首玛瑙杯		兵马俑	金色、黑色		
25	古老	历史	盛唐	大雁塔	钟鼓楼	魏家凉皮	文化景点	回民街	大雁塔	汉文化		马踏匈奴	昭陵六骏	人面鱼纹唐三彩骆驼载乐俑	黄色		
26	古朴	历史	厚重	兵马俑	秦始皇	华清池	历史文化	唐朝、骊山	秦朝兵马俑	汉文化		兵马俑	陕博文物		红色		
27	热情	诚挚	古老	羊肉泡馍	大雁塔	兵马俑	历史文化	饮食文化	文物古迹	民俗风情		兵马俑	古城墙	瓷器	红色		
28	古老	历史	古观交融	兵马俑	大雁塔	钟楼	饮食文化	冰峰	凉皮	肉夹馍		钟楼	小雁塔	鎏金银竹节铜熏炉	砖灰色		
29	历史	美食	名胜古迹	回民街	大唐芙蓉园	秦腔	历史文化	方言文化	建筑文化	博物馆文化	民俗文化	柴窑文化	半坡彩陶	陕博文物	黄色		
30	安分	朴实	呆萌	饮食	建筑	古玩	饮食文化	凉皮	肉丸胡辣汤	肉夹馍	羊肉泡馍	大唐仕女陶俑	跪射俑	秦乐女俑	砖灰色		

表 3 西安代表文化高频词
Tab.3 The High frequency words for culture of Xi'an

分词	频率	分词	频率	分词	频率	分词	频率	分词	频率
文化	660	饮食	144	传统	92	西北	68	精神	53
历史	414	地方	141	碑林	88	技艺	65	艺术	53
长安	226	旅游	139	古代	87	文明	64	清真	49
遗址	198	特色	132	自然	87	丝绸之路	61	华山	47
城墙	170	兵马俑	129	关中	85	古老	58	大唐芙蓉园	47
博物馆	169	保护	127	回民	83	故事	57	民间	46
大雁塔	167	公园	127	现代	83	曲江	57	著名	45
建筑	162	文物	97	遗产	78	鼓楼	56	皮影	44
古都	149	钟楼	97	民族	77	交通	56	羊肉泡馍	43
景点	147	小吃	96	唐代	74	秦岭	55	王朝	42

表 4 西安代表文化元素列表
Tab.4 List of representative cultural elements in Xi'an

元素	释义	图片展示	元素	释义	图片展示
长安	汉晋赵秦魏周唐以此为名；定都十三朝		古都	十三朝古都；历史深厚；建都时间最长；建都朝代最多；影响力最大	
博物馆	陕西历史博物馆等 9 个国家一级博物馆		唐朝	雍容华贵；开放发达；袁家村唐代金器	
大雁塔	唐代四方楼阁式砖塔；丝绸之路；佛教；地标性建筑		城墙	明城墙；唐城墙；古代城垣	
兵马俑	世界八大奇迹；地下军事博物馆；秦朝；雄伟；历史；雕塑		遗址	汉长安城遗址；半坡遗址；曲江池遗址；丰镐遗址等	
饮食	三秦美食；面食为主；“两宴”“两泡”；凉皮肉夹馍		钟楼	地标性建筑；形制最大；保存最完整	

性特征的含义，对确定的元素进行设计因子释义，构建元素分析图谱，见图 3。

4.3 元素应用

基于悬挂式单轨列车的造型设计要点，按照设计重要性划分应依次为列车头部设计、列车侧部设计以及列车腹部设计。以 SAFEGE 型悬挂式单轨车辆的基本造型要求为基本形，通过分别对兵马俑、博物馆和大雁塔这 3 个提取出的设计要素进行形态分析^[23]，结合列车造型设计原则和特点^[24]，产生新的产品形态。将推演出的 3 个车辆外观形状导入 Rhino5.0 软件中进行建模设计，并运用 Keyshot6 软件对设计模型进行渲染，得到 3 个设计方案，见图 4。

4.4 模糊综合评价验证

为了验证方案的合理性，避免出现设计方案与原文化语意出现脱节的情况，将分别对 3 个方案进行二次验证，最后挑选出最具有西安市地域文化特点的一款单轨列车造型设计方案。

4.4.1 确定评价模型及各评价指标权重

在构建的列车造型设计方案总体评价模型中，由于各项评价指标在方案评价模型中的重要等级不同，其权重比值也将有所不同，见图 5。为评价设计方案中各评价指标的权重，邀请了 10 名轨道交通设计行业的专业设计师对评价因子进行重要性等级打分评估，采取百分制。其中准则层两项指标相加为 1，准

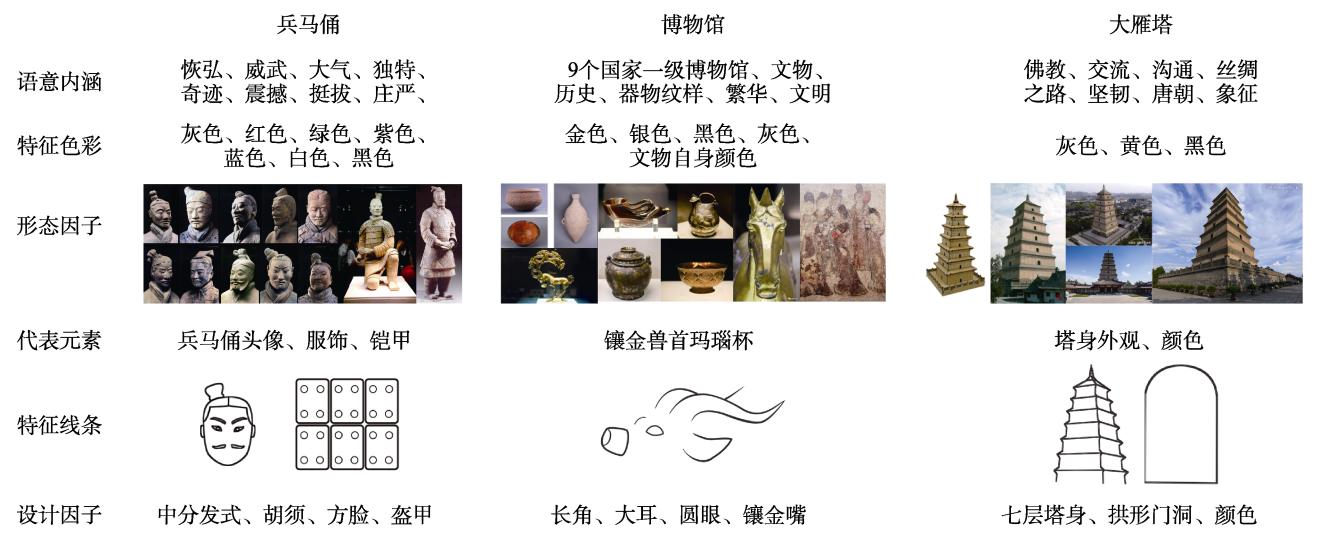


图 3 元素分析图谱
Fig.3 Elemental analysis map

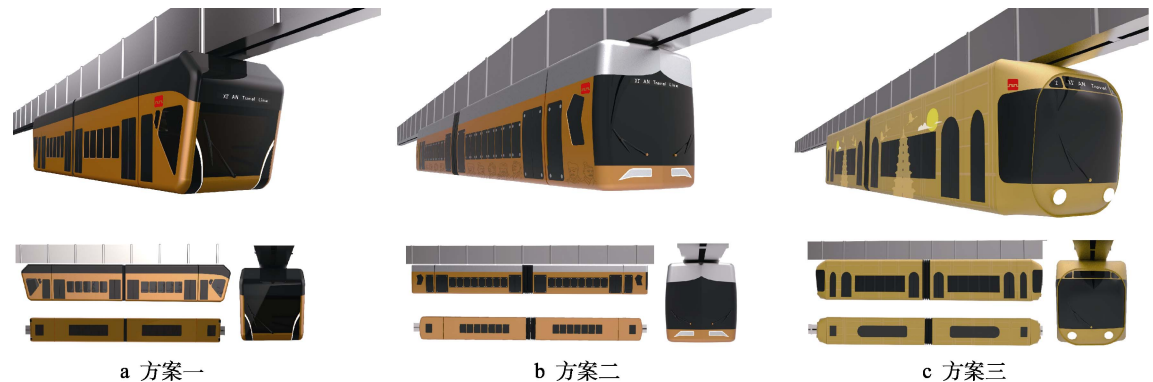


图 4 方案外观效果
Fig.4 Scheme appearance effect

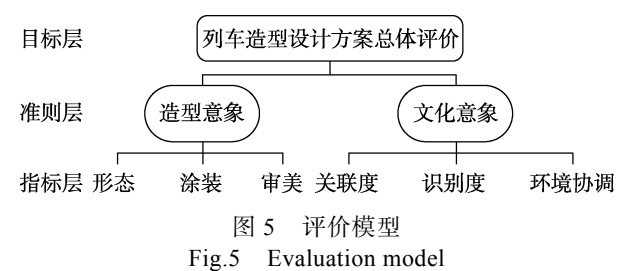


		表 5 用户评价分数					
		Tab.5 User rating score					
平均 分		形态	涂装	审美	关联度	识别度	环境 协调
	方案一	7.033	7.333	5.9	5.367	5.266	5.966
	方案二	6.7	6.467	5.4	6.1	5.833	5.667
	方案三	6.567	6.633	6.067	6.567	6.433	6.333

则层下的两个指标层相加分别为 1。通过统计 10 名专家打分的各项总分，根据评价因子所得总分的比值，分别得出该评价模型各项指标的权重系数^[25]。最终确定的权重系数为准则层：造型意象（0.595）、文化意象（0.405）；指标层：形态（0.43）、涂装（0.26）、审美（0.31）、关联度（0.335）、识别度（0.45）、环境协调（0.215）。

4.4.2 建立评价指标的评语集与模糊求解

为了公平评判方案的合理性，对单轨列车的每个评语指标设置一个衡量的标准值。根据从糟糕到优秀的评语等级，采用 10 分制的方式，邀请 30 名不同背景的用户对上诉 3 个方案的各项指标进行评定，用

户评价分数见表 5，评价原型为上述 3 个方案。同时，根据模糊综合数学法原理^[26-27]，构建下述模糊评价公式对评定结果进行求解。

1) 通过平均分计算 30 名用户对单个元素的打分，得到评价模型中每一元素的分数，在下述公式中将直接采用每一元素的打分结果。

2) 设各级权重为 S_i ，其中 i 分别为各元素权重；将方案评价总分计为 R ，准则层中的造型意象评价计为 A ，文化意象计为 B 。

3) 将造型意象 A 下的指标层中每一评价结果看作一个元素，用 a_i 作为它的单因素评价向量，即评价公式：

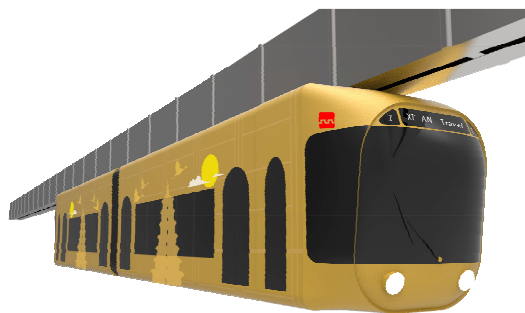


图 6 西安市悬挂式单轨列车设计方案
Fig.6 Xi'an suspension monorail design

$$A = a \cdot S_i (a = a_1 \cdot S_i + a_2 \cdot S_i + a_3 \cdot S_i) \quad (1)$$

同理,将文化意象 B 下的指标层中每个评价看作一个元素,用 B_i 作为它的单因素评价向量,得到公式:

$$B = b \cdot S_i (b = b_1 \cdot S_i + b_2 \cdot S_i + b_3 \cdot S_i) \quad (2)$$

4) 分别算出准则层 A 与 B 的评价结果,进行目标层 $R=A+B$ 复合计算,分别对 3 个方案进行模糊评价总分统计。

4.4.3 评价结果

根据计算,方案 1 最终得分为 6.23 分,方案 2 最终得分为 6.094 分,方案 3 最终得分为 6.44 分。因此,本次基于西安市地域文化元素的悬挂式单轨列车造型设计的最终选用方案为方案 3,见图 6。

5 结语

本文提出了一种将文化融入设计方案的设计方法,通过将该方法应用于西安悬挂式单轨列车的造型设计实例,设计了一款反映西安地域文化的悬挂式单轨列车,验证了该方法的可行性。基于地域文化的悬挂式单轨列车造型设计方法在基于地域文化的方案设计中具有较为广泛的适用性,为今后基于地域文化的轨道交通或其他设计提供了新思路和方法。

参考文献:

- [1] 彭长福,何国福. 新能源悬挂式单轨列车的设计[J]. 铁道机车与动车, 2017(11): 5-9.
PENG Chang-fu, HE Guo-fu. Design of New Energy Suspended-type Monorail train[J]. Railway Locomotive and Motor Car, 2017(11): 5-9.
- [2] 何思俊,支锦亦,徐笑非,等. 城市轨道交通列车外观设计中的文化传递与构建[J]. 包装工程, 2020, 41(2): 142-147.
HE Si-jun, ZHI Jin-yi, XU Xiao-fei, et al. Cultural Transmission and Construction in the Appearance Design of Urban Rail Trains[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(2): 142-147.
- [3] 张榆,李洋,徐伯初. 面向民族文化的轨道车辆造型设计[J]. 现代制造工程, 2016(1): 143-146.
ZHANG Yu, LI Yang, XU Bo-chu. Railcar Design Towards National Culture[J]. Modern Manufacturing Engineering, 2016(1): 143-146.
- [4] 王海霞,董宁,徐伯初. 高速列车涂装设计的感性转向——车体涂装设计的文化与心理学视角[J]. 西南交通大学学报(社会科学版), 2012, 13(4): 61-64.
WANG Hai-xia, DONG Ning, XU Bo-cu. Sensibility in the Change of Direction in the Coating Design for High-speed Trains: Analysis from the Cultural and Psychological Perspectives[J]. Journal of Southwest Jiaotong University (Social Sciences), 2012, 13(4): 61-64.
- [5] 陈威,董石羽,向泽锐. 基于襄阳三国文化的轻轨车辆外观造型设计研究[J]. 包装工程, 2017, 38(12): 145-149.
CHEN Wei, DONG Shi-yu, XIANG Ze-rui. Form Design of LRV Based on Culture of Three Kingdoms in Xiangyang[J]. Packaging engineering, 2017, 38(12): 145-149.
- [6] 曾晨,支锦亦,向泽锐,等. 一种适用于成都市内旅游线的悬挂式单轨车造型设计[J]. 包装工程, 2016, 37(8): 126-129.
ZENG Chen, ZHI Jin-yi, XIANG Ze-rui, et al. Form Design of Suspended Monorail Vehicle for Tourist Route of Chengdu[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(8): 126-129.
- [7] 李芾,许文超,安琪. 悬挂式单轨车的发展及其现状[J]. 机车电传动, 2014(2): 16-20.
LI Fu, Xu Wen-chao, AN Qi. Development and Current Status of Suspended Monorail Vehicle[J]. Electric Drive for Locomotives, 2014(2): 16-20.
- [8] 胡步毛,潘妍,鲁昭,等. 我国首条悬挂式单轨试验线建设实践[J]. 都市快轨交通, 2019, 32(1): 38-42.
HU Bu-mao, PAN Yan, LU Zhao, et al. Construction Practice of the first Suspension Monorail Test Line in China[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2019, 32(1): 38-42.
- [9] 余浩伟,徐银光,李涛,等. 悬挂式单轨交通在国内的适应性研究[J]. 铁道工程学报, 2019, 36(4): 70-74.
YU Hao-wei, XU Yin-guang, LI Tao, et al. Research on the Adaptability of Suspended Monorail in China[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2019, 36(4): 70-74.
- [10] 赵阳. 悬挂式单轨交通系统关键技术及适应性分析[J]. 铁道标准设计, 2019, 63(7): 51-56.
ZHAO Yang. Key Technology and Adaptability Analysis of Suspended Monorail Transport System[J]. Railway Standard Design, 2019, 63(7): 51-56.
- [11] 孙大力,陆津. 城市公共设施设计的地域文化重构[J]. 包装工程, 2018, 39(10): 280-282.
SUN Da-li, LU Jin. Regional Cultural Reconstruction of Urban Public Facilities Design[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(10): 280-282.
- [12] 那航硕,孙宁. 艺术品创作视角下的地域文化符号与特征归集[J]. 东北师大学报(哲学社会科学版), 2019(2): 170-175.
NA Hang-shuo, SUN Ning. A Study on the Cultural

- Symbols and Characters Under the View of Artwork Creation[J]. Journal of Northeast Normal University (Philosophy and Social Sciences), 2019(2): 170-175.
- [13] 黄意武. 多学科视野下地域文化概念及内涵解析[J]. 地方文化研究, 2018(3): 107-112.
HUANG Yi-wu. Analysis on the Concept and Connotation of Regional Culture in Multidisciplinary Point of View[J]. Local Culture Research, 2018(3): 107-112.
- [14] 夏换, 杨秀璋, 于小民. Web 大数据处理与分析[M]. 北京: 科学出版社, 2019.
XIA Huan, YANG Xiu-zhang, YU Xiao-min. Web Big Data Processing and Analysis[M]. Beijing: Science Press, 2019.
- [15] 李欣芮. 面向产品造型的感性认知设计研究及应用[D]. 重庆: 重庆大学, 2016.
Li Xin-rui. Research and Application on Perceptual Cognition Design of Product Modeling[D]. Chongqing: Chongqing University, 2016.
- [16] ZHANG H, HE X, MITRI H. Fuzzy Comprehensive Evaluation of Virtual Reality Mine Safety Training System[J]. Safety Science, 2019, 120: 341-351.
- [17] CHEN J F, HSIEH H N, DO Q H. Evaluating Teaching Performance Based on Fuzzy AHP and Comprehensive Evaluation Approach[J]. Applied Soft Computing, 2015, 28: 100-108.
- [18] YAGER R R. Generalized Orthopair Fuzzy Sets[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2017, 25(5): 1222-1230.
- [19] 蒋玉婷. Web 数据挖掘及其在微博话题检测中的应用研究[J]. 现代电子技术, 2016, 39(3): 115-119.
JIANG Yu-ting. Research on Web Data Mining and its Application in Microblog Topic Detection[J]. Modern Electronics Technique, 2016, 39(3): 115-119.
- [20] 李静静, 支锦亦, 向泽锐, 等. 地域文化符号在现代有轨电车设计中的应用[J]. 包装工程, 2015, 36(2): 110-113.
LI Jing-jing, ZHI Jin-yi, XIANG Ze-rui, et al. Application of Regional Culture Symbol in Modern Tram's Design[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(2): 110-113.
- [21] 董石羽, 王春琦. 地域文化和城市公交系统形象的相互影响机制研究——以成都为例[J]. 装饰, 2016(2): 128-129.
DONG Shi-yu, WANG Chun-qi. Research on Influence Mechanism Between Regional Culture and Urban Public Transportation System Identity: Take Chengdu for Example[J]. Art&Design, 2016(2): 128-129.
- [22] 蒲骄子, 李延来, 刘宗鑫. 基于文本挖掘与神经网络的高速列车意象造型设计[J]. 机械设计, 2017, 34(9): 101-105.
PU Jiao-zi, LI Yan-lai, LIU Zong-xin. Image modeling design of high-speed train based on text mining and neural network[J]. Journal of Machine Design, 2017, 34(9): 101-105.
- [23] 卢兆麟, 汤文成, 薛澄岐. 简论形状文法及其在工业设计中的应用[J]. 装饰, 2010(2): 102-103.
LU Zhao-lin, TANG Wen-cheng, XUE Cheng-qi. Discussion on Shape Grammar and its Application in Industrial Design[J]. Art&design, 2010(2): 102-103.
- [24] 周美艳. 悬挂式空中列车的应用发展[J]. 国外铁道车辆, 2014, 51(2): 10-14.
ZHOU Mei-yan. Application and Development of the Suspension Type Sky Train[J]. Foreign Rolling Stock, 2014, 51(2): 10-14.
- [25] 胡珊, 刘晶. 模糊综合评价法在产品设计方案决策中的应用[J]. 机械设计, 2020, 37(1): 135-139.
HU Shan, LIU Jing. Application of Fuzzy Comprehensive Evaluation Method in Product Design Scheme Decision[J]. Journal of Machine Design, 2020, 37(1): 135-139.
- [26] 杨超翔, 程建新, 丁伟, 等. 基于模糊分析的老年概念产品感性评价方法研究[J]. 包装工程, 2018, 39(10): 128-132.
YANG Chao-xiang, CHENG Jian-xin, DING Wei, et al. Evaluation of Product Conceptual Design Based on Fuzzy Analysis[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(10): 128-132.
- [27] BACHTADZE N, ZAIKIN O, ŻYLAWSKI A, et al. Mathematical Models and Method of Analysis of the Cost Extending Competence Using the Fuzzy Set[J]. IFAC-PapersOnLine, 2018, 51(11): 876-881.