

基于形状文法与地域文化的地铁车辆外观造型设计

荣歆¹, 董石羽¹, 肖江浩²

(1.西南交通大学, 成都 611756; 2.西北工业大学, 西安 710072)

摘要: **目的** 在地域性设计理念指导下, 运用形状文法对城市轨道交通车辆外观造型的创新设计进行研究。**方法** 首先通过分析国内外地铁列车造型, 发现国内地铁在地域文化特色方面与国外相比有较大差距, 同时归纳出地域文化在地铁设计中的三个提取层次与三种应用思路; 然后根据总结出的应用思路, 以成都地铁外观造型设计为例, 从金沙文化中提取特征形态, 结合形状文法衍生出新的形状; 最后, 将新的形状应用到地铁造型设计中, 并验证思路的可行性。**结论** 形状文法可以指导地域性元素在城市轨道交通车辆设计中的应用, 为交通工具的创新设计提供新的思路。

关键词: 地域性设计; 城市轨道交通车辆; 形状文法; 外观设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)16-0230-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.16.035

Metro Exterior Design Based on Shape Grammar & Regional Culture

RONG Xin¹, DONG Shi-yu¹, XIAO Jiang-hao²

(1.Southwest Jiaotong University, Chengdu 611756, China;

2.Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

ABSTRACT: The work aims to study innovative design of the appearance of urban rail vehicle based on shape grammar under the guidance of regional design concept. By analyzing metro forms at home and abroad, it was found that there was a huge gap between China's metro and foreign countries' in terms of regional and cultural character. Three extraction levels and three application ideas of regional culture in metro design were summarized. Under the guidance of the application ideas, with the Chengdu metro's exterior design as an example, the features of Jinsha culture was extracted and new shaped were derived combined with the shape grammar. Finally, the new shape was applied to metro design to verify the feasibility. Shape grammar can guide the application of cultural elements in urban rail vehicle design, providing new ideas for innovative design of vehicles.

KEY WORDS: regional design; urban rail vehicles; shape grammar; exterior design

城市轨道交通在解决城市交通拥堵、优化城市布局方面发挥着重大作用^[1]。工信部发文指出, 我国轨道交通装备制造业要在 2025 年前发展成为完善、有创新力的高端产业^[2]。目前, 轨道交通车辆的创新逐渐转移到美学特征方面, 美学、文化等非物质要素对车辆外观设计的影响愈发显著^[3]。在城市轨道交通车辆缺乏差异性的背景下, 将文化融入城市轨道交通车辆设计中, 既展示地域特色文化, 唤起文化认同感, 又提升

城市轨道交通车辆的设计价值。

1 城市轨道交通车辆外观中的地域性设计——以地铁为例

地域文化是在特定地域空间内, 特定人群的行为方式和思维特征的总和^[4]。地域性设计是基于地域文化的设计, 展示的是地域特色的设计态度, 其要求产

收稿日期: 2020-04-06

基金项目: 2018 教育部人文社会科学研究项目 (18YJA760011)

作者简介: 荣歆 (1994—), 男, 安徽人, 西南交通大学硕士生, 主攻产品设计、交通工具设计。

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

品服从当地人文环境^[5]。因此，为了将地域性设计理念应用到设计中，主要从人文环境中吸收地域性元素，通过提炼和重构将其应用于新产品中。

目前，国内对地域文化元素应用于产品设计的研究主要集中在地域文化元素的分析和提取上。如，王伟伟等人^[6]研究了如何提取传统文化元素并验证了有效性；殷科^[7]从地域文化的外在、中间、内在三个层次分析了文化元素；边坤等人^[8]从历史文化、历史传承、风景名胜、标志性建筑四个方面提取了文化元素并应用到了旅游纪念品中；李静静等人^[9]将地域（成都）特色文化（三星堆文化）应用在了地铁列车设计上；曾晨等人^[10]将熊猫的视觉文化元素运用到了悬挂式单轨车中；李志春等人^[11]将文化符号、特征形态、地域色彩、材料和工艺应用到了产品设计中；董石羽等人^[12]提出了地域文化和城市轨道交通系统形象之间存在相互制约、相互促进的关系；徐笑非等人^[13]将泰国传统纹样应用到了高速列车座椅设计中。传统文化元素需要通过再设计才能更好地发挥文化传播的作用。将传统文化元素与现代设计方法相结合指导城市轨道交通车辆造型设计，能够提升车辆的价值和形象。本文以地铁为例，在地铁车辆的地域性设计中，运用形状文法指导地域性元素在设计中的应用，探讨具有创新性的外观设计方法。

1.1 地域性设计在地铁车辆设计中的应用

国内选取北京、深圳、上海三个城市作为案例；国外选取伦敦、巴黎、柏林三个城市作为案例，搜集整理地铁车辆的外观造型，见表 1—2。

1.2 地域文化的提取与地域性设计的应用

通过对文献[6-13]的分析，提取文化元素的三个层次：（1）以建筑、服饰、器物为代表的物质外在层

次；（2）以风俗、传说、戏曲为代表的制度中间层次；（3）以宗教信仰、审美情趣为代表的精神核心层次。文化元素提取层次与应用思路见图 1。

总结出地域性设计在地铁列车设计中的三个应用思路：（1）将地域性的造型特征运用到地铁列车外观设计；（2）将优化的地域性色彩应用在涂装设计和内室设计中；（3）将具有地域特色的材料和图案应用在内室环境设计中。文献[9]和文献[10]对三星堆文化元素和熊猫元素的运用为思路一提供了例证；文献[6]及本文对伦敦、巴黎、柏林地铁的调查研究为思路二提供了例证；文献[13]将泰国传统纹样应用在座椅设计上为思路三提供了例证。本文拟采用思路一对地铁车辆外观造型设计进行研究。

2 形状文法理论

2.1 理论介绍

形状文法作为一种跨学科应用的造型设计方法，通过形状的文法关系与规则来描述设计的空间组织或造型组成，其核心是依据设计师的设计理论和要求，初始形态在语法规则作用下得到新的造型形态^[14-15]。

目前，形状文法在汽车造型设计、产品造型设计等领域都有应用。如，McCormack J P 等人^[16]分析了别克汽车如何将形状文法应用到汽车设计中；杨延璞等人^[17]将形状文法理论运用到了电动滑板车的造型设计中；卢兆麟等人^[18]运用形状文法研究了产品设计 DNA 的遗传与变异并以手机造型设计为例进行了验证。形状文法的应用主要包含两个方面：一是通过分析已有产品，总结隐藏的推演规则，用于生成新的形状，保证品牌延续性；二是从以往产品中提取造型特征，运用全新的语法规则推演新的形态，保证品牌创新性^[15]。

表 1 国内地铁列车的地域性设计分析
Tab.1 Analysis on domestic subway train of regional design

城市	地铁图片				色彩涂装分析	外观造型分析
北京						
						
上海					色彩种类较多，地域性不明显	由于生产厂家不同，外观造型的差异性较大，与当地的文化联系不够紧密
						
深圳						
						

表2 国外地铁列车的地域性设计分析
Tab.2 Analysis on foreign subway train of regional design

城市	地铁图片	色彩涂装分析	元素来源	外观造型分析	元素来源
伦敦		以大面积红色为主,蓝色和白色为辅	 伦敦地铁标志  英国皇家卫队服饰	总体特征是方中带圆,拱形车顶及三段式几何车窗一直保留,体现较强的古典保守风格	 独特的拱形隧道形成了拱形车顶  英国人优雅绅士的品格体现在产品上(图为英国捷豹汽车)
巴黎		宝石蓝色的色带或者大面积的色块	 巴黎地铁运营公司标志  新艺术运动时期的巴黎地铁站入口	注重型面的构成关系,使用硬朗的线条增加力量感,呈现一种科技时代的艺术化关怀	 法国人对浪漫、时尚的追求体现在产品上(图为法国有轨电车)
柏林		使用金色的整体涂装	 柏林市的盾徽  德国人认为金色是代表理想和真理的光辉	造型整体简洁,体现在方正的外形、几何形的车窗、简约的前脸布局	 德国人对理性、实用、简约的追求体现在产品上(图为德国汽车)

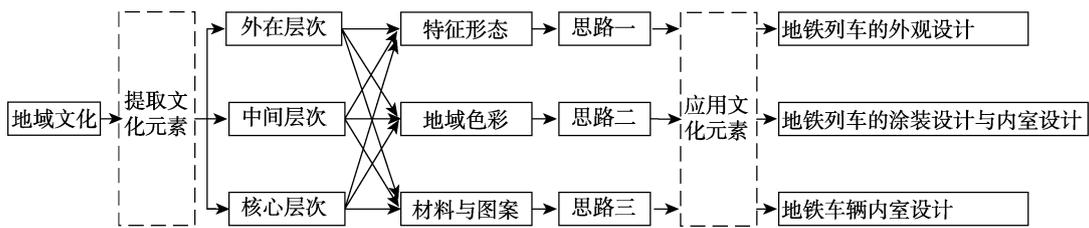


图1 文化元素提取层次与应用思路
Fig.1 Extraction levels and application methods of cultural element

2.2 形状文法的推演规则

形状文法用公式表达为:

$$SG=(S,L,R,I) \quad (1)$$

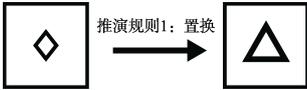
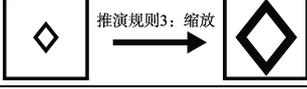
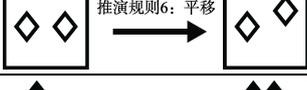
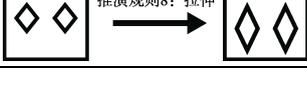
其中,SG是经比例、旋转等操作衍生的形状集,S是形状的有限集合,L是符号的有限集合,R是形状规则的有限集合,I是初始形状。初始形状可以通过生成性规则和修改性规则衍生出新形状^[19]。形状推演规则见表3。

3 地铁列车造型设计应用案例

3.1 研究思路

基于上文总结的三个应用思路,选择第一个应用思路展开研究。从地域文化中提取特征形态,作为车辆造型设计的基础,然后应用形状文法,依据设计师设定的推演规则,产生符合现代审美诉求的特征形态,融入车辆造型设计中,形成具有地域文化特色的设计方案,见图2。具体步骤如下。

表 3 形状推演规则
Tab.3 Shape deduction rule

形状规则 R	规则特点	规则名称	方法	示意图
生成性规则	侧重于产品形状的遗传，实现形态的替换性创新	$R_1=$ 置换	用其他产品部分形态曲线替换某产品现有形态曲线	 推演规则1：置换
		$R_2=$ 增删	增加或删除初始形状的部分或全部形态曲线	 推演规则2：增删
		$R_3=$ 缩放	缩小或放大初始形状的部分或全部曲线	 推演规则3：缩放
		$R_4=$ 旋转	对初始形状进行角度变换	 推演规则4：旋转
修改性规则	侧重于产品形状的变异，生成新的形态	$R_5=$ 错切	按比例对图形的每个点到某条平行于该方向直线的有向距离做位移	 推演规则5：错切
		$R_6=$ 平移	对初始形状的部分进行直线移动	 推演规则6：平移
		$R_7=$ 复制	对初始形状进行复制	 推演规则7：复制
		$R_8=$ 拉伸	沿坐标轴向一个方形对初始形状进行拉伸	 推演规则8：拉伸

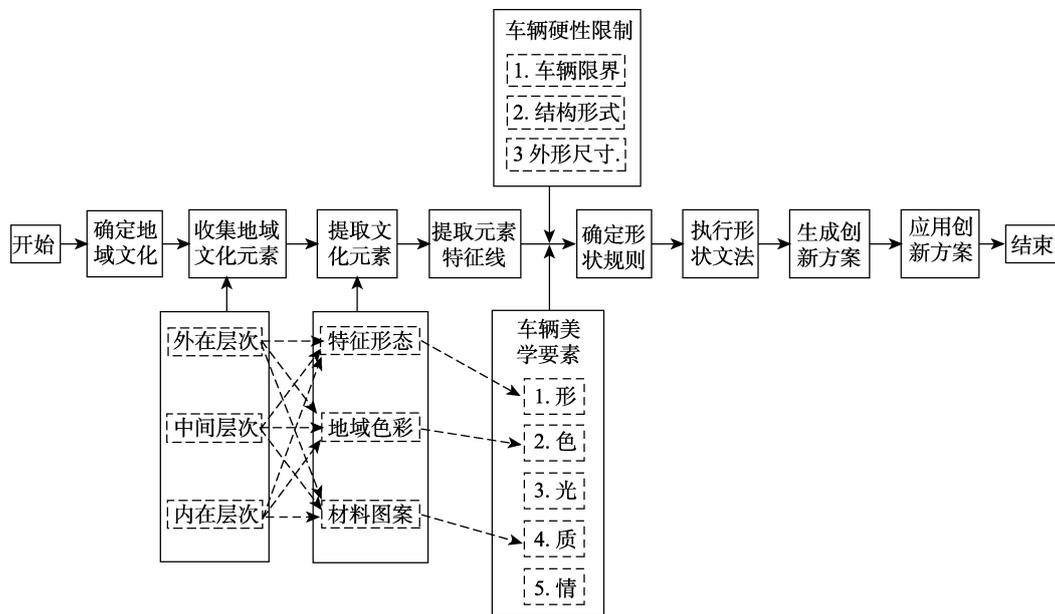


图 2 基于形状文法与地域文化的地铁车辆外观造型设计思路
Fig.2 Progress of metro appearance design based on shape grammar & regional culture

第一步，确定地域文化，主要从三个层次搜集当地的文化元素；第二步，整理搜集的素材，提取特征明显的文化元素，包括特征形态、地域色彩、材料图案三个方面，文化元素与车辆的美学要素有对应关系，车辆的美学要素包括形、色、光、质、情，其中特征形态对应“形”，地域色彩对应“色”（包含车体

涂装颜色与车体内室颜色），材料图案对应“质”；第三步，找到文化元素的特征形态，提取造型特征线；第四步，确定车辆的硬性限制和车辆的美学要素；第五步，在硬性限制和美学要素的约束下，设定推演规则，执行形状文法，产生新的形状；第六步，将推演出的形状应用到车辆造型设计中。

表4 金沙文化的外在文化元素
Tab.4 External elements of the Jinsha culture

金沙文化的外在文化元素								
文物 图片								
名称	商周大金面具	商周太阳神鸟金饰	商周金人面像	商周四节玉琮	商周玉贝	商周铜人行器	商周铜人面形	商周石虎

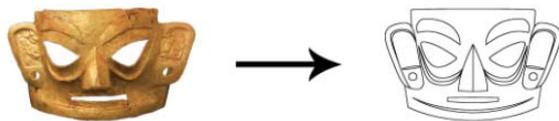


图3 从商周大金面具中提取特征线
Fig.3 Extracting feature lines from the golden mask of Shang and Zhou Dynasties

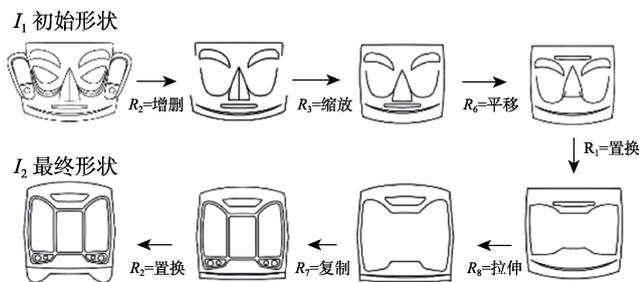


图4 地铁列车前脸造型推演步骤
Fig.4 Process of front shape design for metro



图5 方案效果
Fig.5 The 3D rendering

3.2 文化元素的提取——以成都金沙文化为例

成都，又被称“天府之国”，具有悠久的历史文
化。其中被评为“2001年全国十大考古发现”的金
沙遗址，更被列为成都市三大文化品牌之一。因此，
将金沙文化确定为成都的地域文化，从外在层次搜集
金沙文化的文化元素，包括金器、铜器、玉器、石器
等，见表4。其中商周大金面具是最具代表性的文物
之一，运用 Photoshop™ 中的钢笔工具提取商周大金
面具的特征线，将其作为形状文法推演的基础形态，
见图3。

3.3 文化元素的应用——造型元素的形状文法推演

将提取的特征线借助 Photoshop™ 执行形状文法
得到新的造型。根据形状文法的原理，将特征线作为
初始形状标记为 I_1 ，然后执行形状文法，最终的形状
标记为 I_2 ，步骤如下：

第一步，使用规则 R_2 简化造型特征；第二步，
通过规则 R_3 改变上下部分的比例；第三步，通过规
则 R_4 调整部分特征线的位置；第四步，通过规则 R_5
替换部分特征线；第五步，通过规则 R_6 改变形状的
长宽比；第六步，通过规则 R_7 复制部分特征线；第
七步，通过规则 R_8 用现有地铁的特征替换下部曲线，
最终获得新形状 I_2 。地铁列车前脸造型推演步骤见图4。

3.4 创新方案展示

将经过形状文法推演出的新形状导入三维建模
软件 Alias™ 中进行建模，并运用渲染软件 Vred™ 制
作效果图。方案效果见图5。

4 结语

提出了一种基于形状文法的城市轨道交通车辆地域
性设计方法，以地铁造型设计为例，从成都金沙文化
的外在层次中提取特征形态，使用形状文法产生新的
造型特征并运用到地铁外观造型设计中，展示了方法
的设计流程、设计思路与最终效果，验证了方法的可行
性。在地域性设计理念的指导下，将地域性文化元素
与现代设计相结合，实现了对传统文化的继承和对现
代设计的发展，为城市轨道交通车辆的创新设计提供
了灵感源泉。基于形状文法理论，如何将文化中的特
征色彩和材料图案应用到城市轨道交通车辆设计中将
是下一步的研究重点。

参考文献：

[1] 翟婉明, 赵春发. 现代轨道交通工程科技前沿与挑战
[J]. 西南交通大学学报, 2016, 51(2): 209-226.
ZHAI Wan-ming, ZHAO Chun-fa. Frontiers and Chal-
lenges of Sciences and Technologies in Modern Railway
Engineering[J]. Journal of Southwest Jiaotong Univer-

- sity, 2016, 51(2): 209-226.
- [2] 周济. 智能制造——“中国制造 2025”的主攻方向[J]. 中国机械工程, 2015, 26(17): 2273-2284.
ZHOU Ji. Intelligent Manufacturing: Main Direction of “Made in China 2025”[J]. China Mechanical Engineering, 2015, 26(17): 2273-2284.
- [3] 徐伯初, 李洋. 轨道交通车辆造型设计[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
XU Bo-chu, LI Yang. Rail Vehicle Design[M]. Beijing: Science Press, 2012.
- [4] 张伟明, 王松华, 许威波. 地域文化是设计艺术的灵魂[J]. 装饰, 2008(10): 75-77.
ZHANG Wei-ming, WANG Song-hua, XU Wei-bo. Regional Culture is the Soul of Design Art[J]. Zhuangshi, 2008(10): 75-77.
- [5] 耿葵花. 产品地域性设计研究[J]. 包装工程, 2010, 31(10): 10-12.
GENG Kui-hua. Regional Product Design[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(10): 10-12.
- [6] 王伟伟, 胡宇坤, 金心, 等. 传统文化设计元素提取模型研究与应用[J]. 包装工程, 2014, 35(6): 73-76.
WANG Wei-wei, HU Yu-kun, JIN Xin, et al. Research and Application of Extraction Model of Traditional Culture Design Elements[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(6): 73-76.
- [7] 殷科. 巴楚文化元素在产品中的应用[J]. 包装工程, 2016, 37(6): 151-154.
YIN Ke. Application of the Bachu Cultural Elements in Product Design[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(6): 151-154.
- [8] 边坤, 杨彦侃. 地域特色文化元素提取与旅游产品设计方法探究[J]. 包装工程, 2012, 33(4): 138-140.
BIAN Kun, YANG Yan-kan. Exploration of Extraction of Cultural Elements with Geographical Features and Tourism Product Design Methods[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(4): 138-140.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 李志春, 张路得. 基于地域文化的蒙古象棋创新设计研究[J]. 机械设计, 2013, 30(4): 116-118.
LI Zhi-chun, ZHANG Lu-de. The Mongolia Chess Creative Design Based on Regional Culture[J]. Journal of Machine Design, 2013, 30(4): 116-118.
- [12] 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. Influence Mechanism between Regional Culture and Urban Public Transportation System Identity: Take Chengdu for Example[J]. Zhuangshi, 2016(2): 128-129.
- [13] 徐笑非, 沈中伟, 王超. 泰国传统纹样在中泰高速列车座椅纹样设计中的研究[J]. 包装工程, 2017, 38(2): 31-35.
XU Xiao-fei, SHEN Zhong-wei, WANG Chao. Traditional Thai's Pattern Applied to the Sino Thailand High Speed Train Seats[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(2): 31-35.
- [14] STINY G. Introduction to Shape and Shape Grammars[J]. Environment & Planning B Planning & Design, 1980, 7(3): 343-351.
- [15] 孙志学, 杜鹤民. 基于形状文法的多因素驱动应急通信车造型设计[J]. 机械设计, 2014(10): 97-101.
SUN Zhi-xue, DU He-min. Modeling Design of Emergency Communication Vehicle Based on Multiple Factors Driven Shape Grammar[J]. Journal of Machine Design, 2014(10): 97-101.
- [16] MCCORMACK J P, CAGAN J, VOGEL C M. Speaking the Buick Language: Capturing, Understanding, and Exploring Brand Identity with Shape Grammars[J]. Design Studies, 2004, 25(1): 1-29.
- [17] 杨延璞, 陈登凯, 余隋怀, 等. 基于形状文法的泛族群产品形态设计[J]. 计算机集成制造系统, 2013, 19(9): 2107-2115.
YANG Yan-pu, CHEN Deng-kai, YU Sui-huai, et al. Panethnic Group Product Form Design Based on Shape Grammar[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2013, 19(9): 2107-2115.
- [18] 卢兆麟, 汤文成, 薛澄岐. 一种基于形状文法的产品设计 DNA 推理方法[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2010, 40(4): 704-711.
LU Zhao-lin, TANG Wen-cheng, XUE Cheng-qi. Method of Design DNA Reasoning Based on Shape Grammar[J]. Journal of Southeast University(Natural Science Edition), 2010, 40(4): 704-711.
- [19] 陈威, 董石羽, 向泽锐. 基于形状文法的现代有轨电车造型谱系化设计研究[J]. 包装工程, 2018, 39(22): 169-175.
CHEN Wei, DONG Shi-yu, XIANG Ze-rui. Form Pedigree Design of Modern Tram Based on Shape Grammar[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(22): 169-175.