

基于形状文法的电动汽车品牌继承性设计方法

赵静, 张琳

(太原理工大学, 太原 030024)

摘要: **目的** 电动汽车造型设计既要满足电动特征的造型创新, 又要保证品牌基因的识别性继承, 在双重驱动和限制下, 对电动汽车的品牌继承性设计方法进行研究。**方法** 基于形状文法理论, 通过将提取出的既有品牌造型特征应用一定的变化规则进行推演, 可产生大量满足品牌继承性要求的全新电动汽车造型。**结果** 电动汽车的造型变化规则包括品牌总结、技术要求和用户期望意象, 三者共同约束和指导电动汽车的造型设计。**结论** 以宝马电动汽车设计为例验证了方法的可行性, 方法可以在保证品牌识别的同时有效指导电动汽车的造型创新。

关键词: 工业设计; 电动汽车; 造型设计; 形状文法; 品牌基因

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)22-0151-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.22.025

Design Method of Electric Vehicle Brand Inheritance Based on Shape Grammar

ZHAO Jing, ZHANG Lin

(Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

ABSTRACT: The work aims to study the brand inheritance design method of electric vehicles under double drive and limitation, with respect to the fact that the modeling design of electric vehicles should not only meet the modeling innovation of electric characteristics, but also ensure the identification inheritance of brand genes. Based on the theory of shape grammar, the extracted existing brand modeling characteristics were deduced with certain change rules, thus producing a large number of brand-new electric vehicle modelings that met the brand inheritance requirements. The rules for modeling changes in electric vehicles include brand summary, technical requirements and image expected by user. All of them jointly restrained and guided the modeling design of electric vehicles. The feasibility of the method is verified with BMW electric vehicle design as an example. The method can effectively guide the modeling innovation of electric vehicles while ensuring the brand identity.

KEY WORDS: industrial design; electric vehicle; modeling design; shape grammar; brand gene

随着全球能源危机的不断加深, 以及大气污染、全球气温上升的危害加剧, 各国都在大力发展噪声小、“零污染”的电力驱动汽车, 国内外汽车厂商陆续推出多款电动汽车。研究机构和学者也对电动汽车造型设计进行了一定的研究, 提出了有益的理论指导, 如欧阳波等人通过对新能源汽车的设计因素进行分析, 提出技术、艺术和用户的三重驱动性^[1]; 卢兆麟等人探讨了产品语义分析在新能源汽车造型设计中

的运用方法^[2], 为电动汽车造型设计提供了可行的技术途径, 但是均未考虑汽车的品牌因素。由于技术和使用方式限定, 现阶段, 电动汽车造型仍需依托传统燃油汽车, 但是又因驱动方式和用户定位的不同, 电动汽车应该具备自身独特的造型语言。市场上目前的量产车主要存在两大问题, 其一是多数国产电动汽车完全沿用传统汽车造型, 车身未做创新性设计; 其二是部分车企致力于塑造电动汽车全新的视觉形象, 丢

收稿日期: 2018-09-18

基金项目: 山西省经济和信息化委员会技术创新项目 (CX2014-45); 山西省基础研究项目 (2015021118); 太原理工大学青年基金项目 (2014TD037)

作者简介: 赵静 (1983—), 女, 山西人, 博士, 太原理工大学讲师, 主要研究方向为工业设计领域的人因工程、设计管理等。

失了已有的品牌基因,使得电动汽车造型混乱,严重影响品牌形象。在电动汽车开发的过程中,如何保证其造型既继承品牌基因,又具备代表自身特质的造型元素成为电动汽车造型设计面临的关键问题。针对此问题,本文提出了应用形状文法理论进行电动汽车造型设计的方法。

1 形状文法理论

形状文法(Shape Grammar, SG)于19世纪70年代由麻省理工学院教授乔治·斯蒂尼提出^[3]。该理论脱胎于语言学的符号语言理论,其核心是按照人们的设计思想和要求,依据一定的规则产生新的形状。形状是指有限直线段的组合,并且带有符号标记,以指示形状生成的方向;规则是指对形状进行改变的规定^[4]。

产品设计领域,形状文法可以被用于计算机辅助设计以快速生成大量的造型方案^[5];也可以作为分析方法总结归纳已有系列或延续性产品造型的演变规则^[6-7],从而为继承性创新服务;也能和其他约束共同对产品造型进行创意性推演^[8-9]。

形状文法可以定义为一个四元组,具体表示如下:

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

其中:SG代表一个多元集合,包含了初始形状I及其衍生的所有形状S、符号L和规则R。S代表形状的有限集合;L代表符号的有限集合,所有参与衍生的形状均需要一定的符号标记才能被规则推动;R代表规则的有限集合,包括生成性规则和修改性规则,可以表示为: $\alpha \rightarrow \beta$;I代表初始形状,形状集合中的所有形状都是通过应用规则R从初始形状I中衍

生出来的。

在电动汽车造型设计中,形状文法具体可定义为:

$$SG' = (S', L', R', I') \quad (2)$$

其中: S' 和 R' 是最为重要的两个集合。 S' 为某品牌汽车经过多代继承已经形成的相对稳定、具有代表性的基本形态要素的有限集合,基本形态要素一般也称为品牌造型基因(显性),如奥迪的“大嘴”,甲壳虫的“圆”。 R' 为某品牌造型基因遗传过程中所有进化规则的有限集合,包括缩放、拉伸、旋转、镜像、平移等。 I' 是品牌特征的最初形态表达,是 S' 的起源,随着品牌造型的发展, I' 也是可以不断扩充的。 L' 是规则运用的着力点,在其标记下品牌特征不断更新和传承下去,在汽车设计中, L' 受相对位置和尺寸比例限制,以中心点和对称轴的符号标记居多。

2 电动汽车造型设计方法

2.1 设计思路

面向特定品牌的电动汽车造型设计时,在考虑技术、艺术和用户3个方面驱动因素^[1]的同时,可按照形状文法对既有品牌造型基因进行规律性推演,并在推演过程中引入电动汽车独特的形态来创新规则,扩展原有基础的规则。通过该方法衍生出新的形态集合,这些形态既可满足品牌家族性基因遗传要求,又具备全新的电动汽车造型元素。具体设计思路见图1。在形状文法的应用过程中,尤其需要把握形状规则运用的“度”:变化程度不够会导致产品形态老旧,缺乏新鲜感;变化过度也会造成产品脱离既有品牌形象,不被消费者认可^[10]。

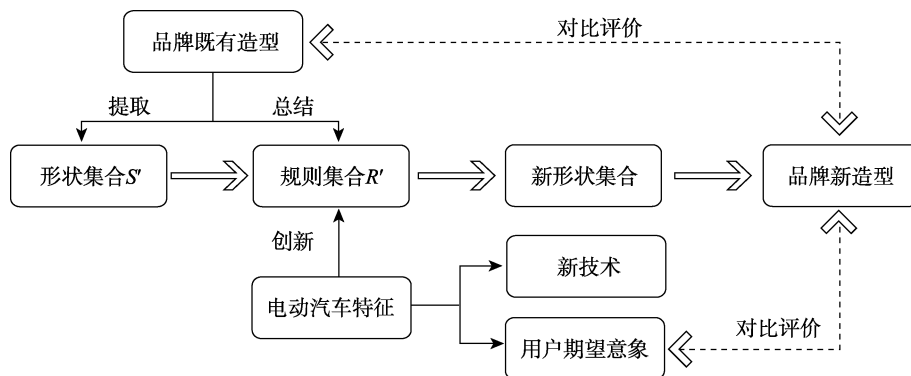


图1 电动汽车造型设计思路

Fig.1 Ideas of electric vehicle modeling design

2.2 品牌造型基因提取

品牌造型基因提取是通过特定品牌下主要产品做品牌造型特征分析和提炼,将品牌造型要素以标准化图形表达的过程^[11],这一步确定了基本形态要素的集合 S' 。电动汽车品牌造型基因提取需要对既有传统燃油汽车和已量产电动汽车造型进行分析,特别是通过已在用户心中形成一定视觉识别的车型,提取出

具有品牌代表性的形态特征,形成基本形态要素的有限集合。

对于乘用车造型而言,品牌造型特征的提取主要包括整车造型、前脸、侧身、内饰和尾部几个方面。其中前脸是汽车主要形态面,集中了品牌主要的形态识别特征,一直是设计的重点和品牌遗传的着力点,也是形状文法基本形态提取的关键部位。一般来说前

大灯组、进风格栅、引擎盖曲线、保险杠等设计要素需要进行重点分析。

2.3 形状进化规则的制定

在分析既有汽车品牌基因遗传变异的基础上，总结形状的变化规则，形成规则的有限集合 R' 。电动汽车造型设计是多因素复杂的设计过程，其形状变化规则受外部因素影响比较大，主要包括 3 种类型。具体可表达为一个三因素的规则集合：

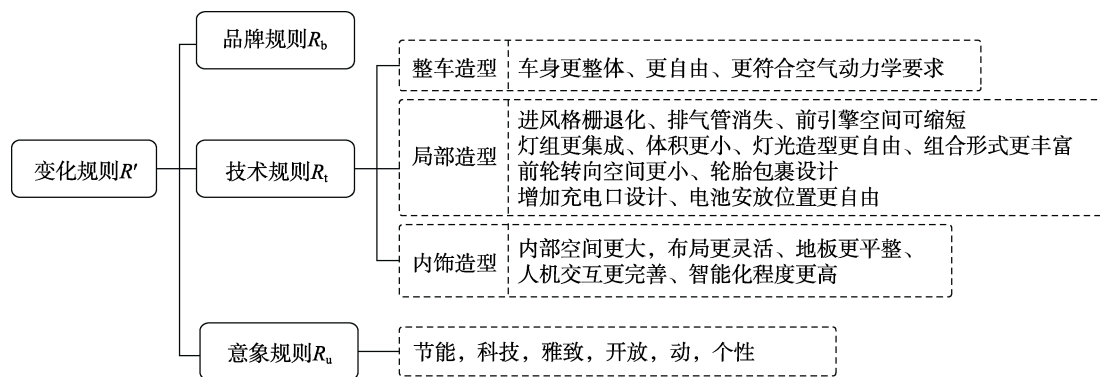


图 2 电动汽车造型变化规则
Fig.2 Change rules of electric vehicle modeling

其中品牌规则因品牌各异，没有统一的固定规则。技术规则和用户期望意象规则也因车型不同差异较大，本文以纯电动乘用车为主要车型进行分析总结。用户期望意象是通过感性工学方法获得，通过资料收集（包括湖南大学汽车国家重点实验室针对汽车设计提取的 30 对汽车造型常用形容词^[12]和电动新能源方面的常见形容词）和专家评估得到 60 对电动汽车意象形容词对，根据专家分析和用户问卷调查，按照七点李克特量表进行用户期望意象打分（3~ -3 分），提取平均分的绝对值在 1.5 分以上的形容词作为用户对电动汽车的期望意象，由高到低分别为节能 2.12，科技的 2.08，雅致的 1.99，开放的 1.93，动的 1.68，个性的 1.56。

具体的变化规则为设计使进行纯电动汽车造型设计提供了可循的目标和设计的指导，设计师可以在此基础上，将规则翻译为一定的造型语言进行设计。例如“动的”意象可以通过增加线条的上扬和起伏，打破水平线条的方法实现；“科技的”意象可通过增加线条的断点或进行点阵设计来表达电子的科技感，也可通过车身和内饰的高科技零部件设计来增强科技感。

2.4 造型方案的评价

经过特征提取和规则推演，在诸多限定条件约束下产生的车身造型方案是否满足了目标要求，需要进行两方面的方案评价。首先与既有车型进行对比，保证品牌的可识别性和品牌基因的设计继承；其次，还要进行用户期望的感性意象调查，邀请用户对新的造

$$R' = (R_b, R_t, R_u) \quad (3)$$

其中： R_b 是品牌规则，是基于品牌识别，通过总结以往产品的多代进化规律获得的相应规则； R_t 是电动车技术规则，面向电动汽车的新技术，是由于动力改变和车身布局变化所决定的相应形态规则； R_u 是用户期望意象驱动的规则，该规则考虑社会风尚、消费者审美心理等因素带来的创新变化，建立规则与感性意象之间的联系^[8]。规则的具体内容描述见图 2。

型方案进行语意评分。综合以上两方面评价因素，择优选择方案。

3 案例分析

以一贯注重品牌识别的宝马汽车为例对理论进行说明。选择了 4 款代表性的宝马车型前脸进行分析，提取进气格栅、大灯等品牌特征形成形态集合，并从中总结形态演变的规则，见图 3。

形态变化规律的提取是造型创新的重点，规则主要来源于品牌基因遗传、电动汽车新技术和用户期望意象 3 个方面。以进气格栅为例，宝马的“双肾型”格栅品牌基因起源于 1933 年 BMW 303 车型，是宝马品牌风格跨度最大、时间跨度最长的品牌基因，语义代码“双肾型”几乎没有随历史发生改变，造型概念表现得极为稳定，而其造型特征在相同的概念语义下却表现为“变”中有“不变”的视觉模式^[13]。通过总结分析总结，变化规律可描述为：整体拉伸变形，由上下宽度一致向倒梯形变化。另外基于目标车型为电动汽车，降低了对动力系统冷却的性能要求，所以进气格栅形态又具有新的变化规律，可描述为：进气格栅缩小、弱化，改变用途。同时规则需要根据电动汽车的用户期望意象进行适当调整和添加，进气格栅的规则因动的期望意象可增加一些变化规律，描述为：线条上扬或曲折等。图 4 例举了部分变化规则。其中宝马品牌规则的图形是被定义为“双肾型”品牌基因的范式，图 4 中红色菱形是标记的符号 L' 。

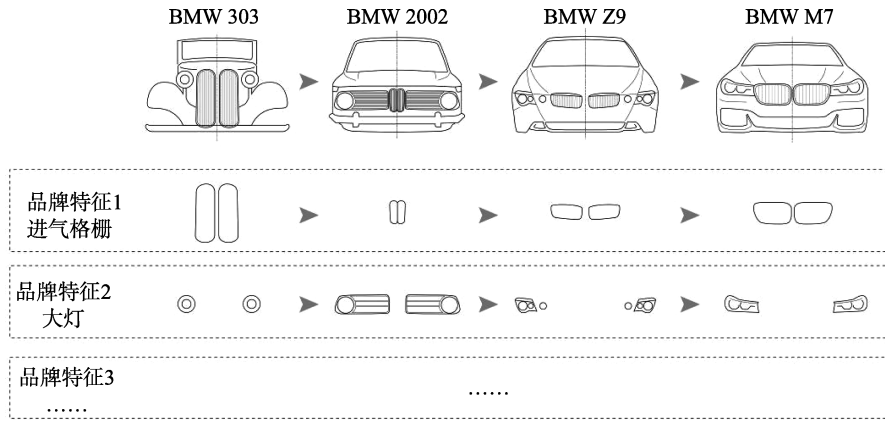


图3 宝马汽车形态提取
Fig.3 The extraction of BMW vehicle modeling

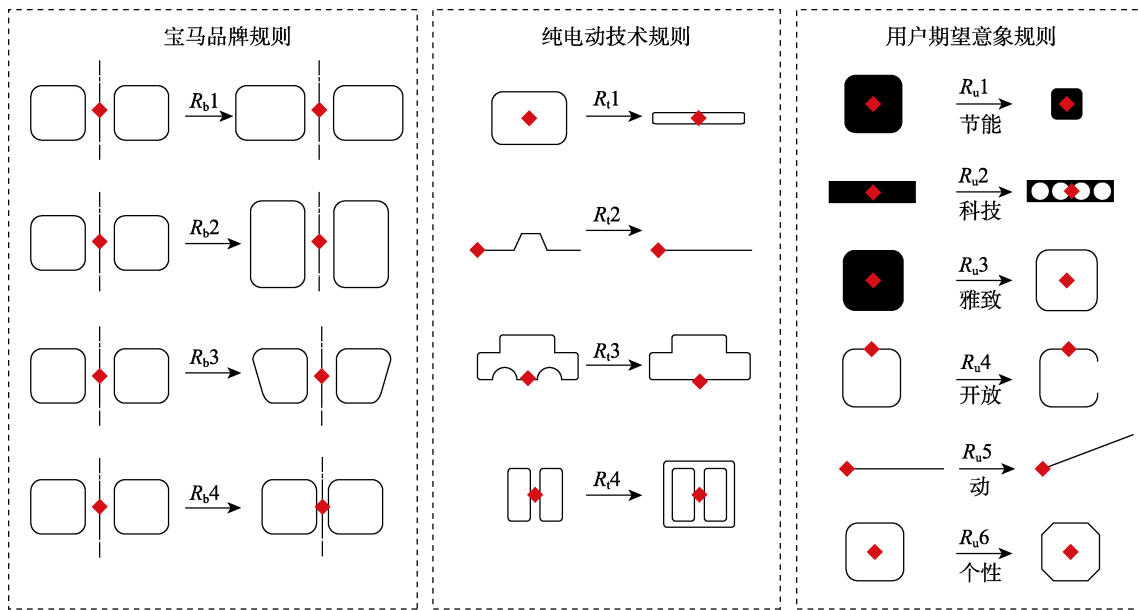


图4 宝马电动汽车造型变化规则
Fig.4 Change rules of BMW electric vehicle modeling

依据“形状文法”理论，在已提取出的品牌特征上，应用总结得到的规则，创新性进行电动汽车造型设计，可快速得到若干造型方案，本文选择其中3个方案进行分析说明。推演均从最早出现双肾型的BMW303车型开始，即初代特征 I'集合元素之一，具

体进气格栅的形态推演过程，见图5。同理，将其他品牌特征形态根据相同的方法进行推演，然后造型重组，本文在得到的最终造型方案中选择了其中3款进行阐述，具体方案见图6，方案中的3款汽车进风格栅造型分别与图5的推演过程相对应。

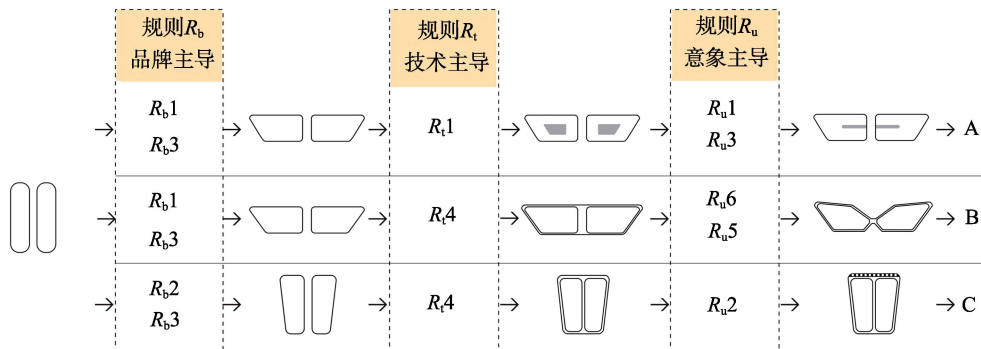


图5 宝马电动汽车进风格栅形态推演过程
Fig.5 Deduction process of BMW electric vehicle's grille shape

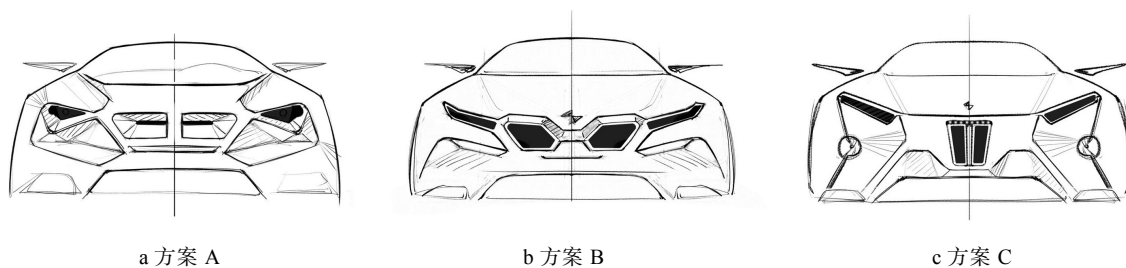


图 6 宝马电动汽车造型设计方案
Fig.6 The design scheme of BMW electric vehicle modeling

接下来邀请了 50 位用户从两个方面对这 3 个方案进行评估，回收有效评价问卷 48 份，分别是品牌识别和用户感性意象匹配，其中评价表中的感性意象词汇采用表 1 的 6 对形容词，所有评价通过七点李克特量表（3~3 分）进行打分，平均分数如表 1。

表 1 造型评价
Tab.1 Modeling evaluation

意象形容词对	A	B	C
符合品牌—不符合品牌（品牌识别）	1.77	2.04	0.83
节能的—耗能的	0.94	0.25	1.33
科技的—人工的	0.85	1.23	0.94
雅致的—俗气的	1.00	0.88	-0.54
开放的—保守的	0.31	1.88	0.60
动的—静的	1.56	1.04	-0.33
个性的—寻常的	0.54	1.56	1.98

调查结果显示，按照本文提出方法进行设计，产生的 A 和 B 两款方案较好的满足了设计要求，品牌识别性良好，且造型感觉与用户期望意象 100%正相关，说明方案较好地匹配了用户对电动汽车的期望意象。特别是依据意象主导生成的形状变化规则所得到的方案均和原意象有较好的一致性。其中方案 A 在雅致和动的语意上，方案 B 在科技、开放、动的和个性语意上分数均在 1 分以上，相比是最优方案。方案 C 在雅致和动的语意上为负分，但在节能和个性上表现良好。方案 C 品牌识别分数较低的原因主要在于进气格栅复古纵向变形向中间集中，两侧前大灯与其拉开了距离，没有形成格栅和大气之间的横向空间关系，不适合的形态重组导致品牌识别性降低。

最终选择方案 B 进行进一步深入设计，前脸造型见图 7，前进风隔栅保留了品牌特征的同时采用封闭处理，车灯设计为带状折线 LED 形式。整车立体图和细节表达见图 8，面向纯电动的要求对功能和造型进行了全新的设计探讨。通过造型评价可以证明，应用基于形状文法的电动汽车造型设计方法达到了目标要求，该方法是可行且有效的。



图 7 方案 B 的前脸造型
Fig.7 Front face modeling of scheme B

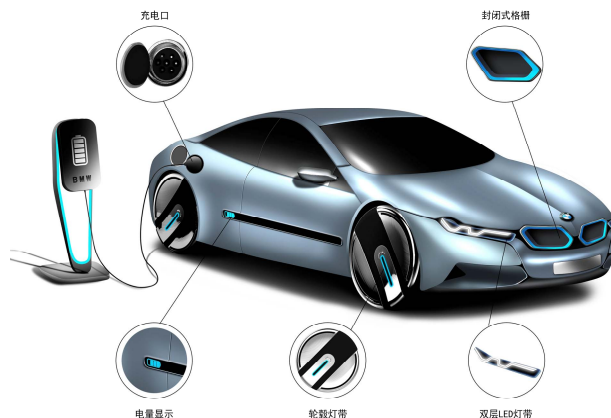


图 8 方案 B 的立体图和细节表达
Fig.8 Stereogram and detail expression of scheme B

4 结语

回顾汽车发展史，汽车造型风格阶段性发生改变，每次重大技术的应用都会带来汽车造型风格的变革。当前电动汽车设计正在从“造型优化”向“全新开发”过渡。本文通过具体的案例，验证了所提出设计方法的可行性，对面向品牌识别的电动汽车造型设计具有一定的指导作用，但是汽车造型设计是一个综合性的复杂设计过程，文中所举例的前脸设计在推广至侧围，尾部设计时还应考虑整体的造型一致性，也就是在规则制定和提取应用时必须基于整体的统一风格。随着设计的深入和电动汽车车型的丰富，电动汽车一定会沉淀出自身识别性更强的造型特征，从而彻

底摆脱传统燃油汽车造型的束缚,以一种新的造型风格迭代下去。

参考文献:

- [1] 欧阳波, 贺赞. 技术、艺术和用户驱动下的新能源汽车造型设计[J]. 包装工程, 2014, 35(4): 44—47.
OUYANG Bo, HE Yun. New Energy Car Design Driven by Technology, Art and Users[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(4): 44—47.
- [2] 卢兆麟, Fritz Frenkler. 基于产品语义分析的新能源汽车造型设计研究[J]. 机械设计, 2017(3): 111—116.
LU Zhao-lin, FRITZ F. Modeling Design of New Energy Vehicles Based on Semantic Analysis[J]. Journal of Machine Design, 2017(3): 111—116.
- [3] STINY G. Introduction to Shape and Shape Grammar[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 1980, 7(3): 343—351.
- [4] 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(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.
- [5] 王伟伟, 杨延璞, 杨晓燕, 等. 基于形状文法的产品形态创新设计研究与实践[J]. 图学学报, 2014(1): 68—73.
WANG Wei-wei, YANG Yan-pu, YANG Xiao-yan, et al. Method of Product from Design Based on Shape Grammar[J]. Journal of Graphics, 2014(1): 68—73.
- [6] MICHEL J, CAGAN J. Capturing a Rebel: Modeling the Harley-Davidson Brand through a Motorcycle Shape Grammar[J]. Researching in Engineering Design, 2002, 13(3): 139—156.
- [7] 乔现玲, 余晓庆, 胡志刚, 等. 基于形状文法的汝官窑瓷器器形设计研究[J]. 中国陶瓷, 2016(11): 98—102.
QIAO Xian-ling, YU Xiao-qing, HU Zhi-gang, et al. Method of Ruguan Kiln Porcelain Wares Form Design Based on Shape Grammar[J]. China Ceramics, 2016(11): 98—102.
- [8] 陈满儒, 李阁, 王伟伟. 基于感性工学和形状文法的智能手表造型设计研究[J]. 机械设计与制造工程, 2016(11): 82—85.
CHEN Man-ru, LI Ge, WANG Wei-wei. Modeling Design of Smart Watches Based on Kansei Engineering and Shape Grammar[J]. Machine Design and Manufacturing Engineering, 2016(11): 82—85.
- [9] 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.
- [10] 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]. Zhuangshi, 2010(2): 102—103.
- [11] 胡伟峰, 陈黎, 刘苏, 等. 汽车品牌造型基因提取及可视化研究[J]. 机械设计与研究, 2011(2): 65—68.
HU Wei-feng, CHEN Li, LIU Su, et al. Research on the Extraction and Visualization of Vehicle Brand Form Gene[J]. Machine Design and Research, 2011(2): 65—68.
- [12] 朱毅. 汽车造型语义研究与设计流程构建[D]. 长沙: 湖南大学, 2009.
ZHU Yi. Semantic Study on Automobile Form and Design Process Configuration[D]. Changsha: Hunan University, 2009.
- [13] 张文泉. 辨物居方、明分使群——汽车造型品牌基因表征、遗传和变异[D]. 长沙: 湖南大学, 2012.
ZHANG Wen-quan. A Car Styling-based Study: the Design Methodology Based on Brand DNA[D]. Changsha: Hunan University, 2012.