

# 汽车造型原型特征研究

景春晖, 赵江洪

(湖南大学 汽车车身先进设计制造国家重点实验室, 长沙 410082)

**摘要:** **目的** 探索影响汽车造型边界和认知范畴的规则, 进而辅助汽车造型设计和计算机辅助造型生成。 **方法** 提出了一种规则表达的汽车造型“原型特征”抽取方法, 首先将汽车造型问题映射到规则模型上, 然后以规则表达方式抽取对汽车造型原型有影响的几何阈值特征、几何逻辑特征、工程特征和品牌特征。 **结果** 这些特征共同组成了该车型、该品牌的汽车造型原型特征。 **结论** 此成果已经应用在基于进化思想的汽车造型优化设计方法中, 对于造型与工程整合, 计算机辅助造型生成以及评价具有重大作用。以小型两厢车为例, 证明了该方法的合理性和可行性, 此方法亦可用于其他车型和品牌“原型特征”的抽取。

**关键词:** 汽车造型; 造型原型; 原型特征; 几何特征

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)02-0050-05

## The Prototype Characteristics of Automobile Styling

JING Chun-hui, ZHAO Jiang-hong

(State Key Laboratory of Advanced Design and Manufacture for Vehicle Body, Hunan University, Changsha 410082, China)

**ABSTRACT:** In order to explore the styling rules which affects automotive styling border and modeling cognitive areas, and thus assist automotive design and computer-aided modeling generation. It proposed a automotive styling "prototype feature" extraction method based on mathematical expression, by mapping problems of automobile styling to mathematical model, and extracted geometric threshold feature, geometric logic features, engineering characteristics and the characteristics of the brand from the model and brand dimensions. Eventually these features came together to form the prototype of this styling. This result has been applied in automotive styling based on evolutionary optimization method, has generated a major role for modeling and engineering integration, computer-aided modeling and evaluation. We prove the rationality and feasibility with an example of a small hatchback. This method can be also extended to the other models and brand.

**KEY WORDS:** automobile styling; styling prototype; prototype characteristics; geometric features

“原型”本是一个认知语言学概念,是指一类客体的内部表征,即一个类别或范畴的所有个体的概括表征,代表某类客观世界基本成分的抽象形式<sup>[1]</sup>。造型设

计研究领域将这个概念引入进来,认为原型本质上是一种视觉模式,是造型的识别和认知机制<sup>[2]</sup>。当外界刺激与某一原型有最近似的匹配,即可将其纳入原型所

收稿日期: 2014-09-10

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(2010CB328001); 国家自然科学基金(60903090); 国家863项目(2012AA111802); 湖南省自然科学基金(11JJB002)

作者简介: 景春晖(1986—),男,河北人,湖南大学博士生,主要研究方向为计算机辅助工业设计、工程与设计结合的先进设计方法、人机工程与交互设计。

代表的范畴,从而得到识别<sup>[9]</sup>。而根据 Peter 等人的研究<sup>[4]</sup>,造型设计创意实际上就是一种探索。当设计师将造型边界由可变变为确定时,设计空间就变得愈加受限,随后的变化选择自由度就越小。对前期造型设计来说,造型需要的是设计空间,而不是设计集中,而这个由边界逼近形成的设计空间即为孵化造型的空间,也可以认为是该类工业产品造型设计的原型。

汽车造型设计作为一种典型的工业产品造型设计<sup>[5]</sup>,其研究领域内存在着大量关于“原型”现象和作用机理的研究成果,如汽车的家族特征是汽车设计界公认的普遍现象,“品牌造型基因”作为一种延续品牌生命力的设计要素成为汽车的核心竞争力<sup>[6-7]</sup>。维根斯坦认为,“家族相似性”<sup>[8]</sup>是判断某物是否属于某范畴的重要手段,以及在一系列突变的造型后存在着一个相对稳定的设计本体<sup>[9]</sup>等。将这种暗中左右着汽车造型边界和造型认知范畴的规则称为汽车造型“原型”,也就是认知一个汽车造型所属车型和品牌的依据,以及进行某车型某品牌造型设计必须遵守的规则,其具体的规则称为“原型特征”。

对设计本身来说,最重要的是研究结果如何对造型的辅助生成产生帮助,而不是单纯地对现象的认识总结。同时,为了让抽象的设计理念融合进以数字为主导的工程流程中,这里提出了汽车造型“原型特征”概念,并在此基础上提出了一种基于规则表达的汽车造型“原型特征”抽取方法。原型特征是存在边界但又相对宽泛的,在约束造型的同时不会扼杀创意,从而达到辅助后续设计以及辅助计算机生成设计优化的目的。

## 1 构建汽车造型多目标优化规则模型

将汽车造型的关键变量抽取出来并映射到规则数学模型上,是实现汽车造型这一感性抽象问题与计算机领域及工程领域理性问题整合的前提。

特征线在汽车造型的构建和解构中有着重要作用<sup>[10]</sup>。同时,McCormack 等人发现,汽车造型几何特征的标定主要采用基于特征线的关键特征提取方法<sup>[11]</sup>。故,特征线是汽车造型复杂曲面的一种合理的抽象形式。而根据赵丹华的研究<sup>[10]</sup>,汽车三维造型特征(包括正、后、侧等方向)可以用 20 条特征线进行表达,其中侧面原型线对其品牌的延续有着重要影响,这些特征线的表达方式和含义本质都是一样的,侧面轮廓线的研究方法和结论亦可推广到其他特征线。侧面轮廓线包含了汽车前引擎盖顶端线、车厢顶线等主造型特

征的汽车侧轮廓造型,对车型的变化和风格趋势研究有主要的描述意义,因此,选取侧面轮廓线作为汽车造型意象的映射对象进行汽车造型进化研究。

根据王巍等人的研究<sup>[9]</sup>,特征线是特征面与特征点的中间层,故将特征线视作为特征点通过贝塞尔曲线连接而成,连接曲线公式为:对于给定的三点  $P_0, P_1, P_2$ ,有  $B(t) = (1-t)^2 + P_0 + 2t(1-t)P_1 + t^2P_2, t \in [0, 1]$ 。得到普通小型两厢车外轮廓线特征点共 15 个,见图 1。

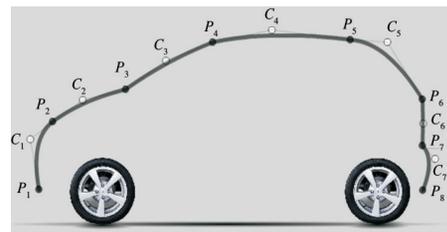


图1 目标车型外轮廓线特征点

Fig.1 Feature points of target model's outside contour line

基于贝塞尔曲线的特性,15个特征点中8个为曲线锚点  $P_i (i=1, 2, \dots, 8)$ ,以实心点表示;7个为曲率控制点  $C_i (i=1, 2, \dots, 7)$ ,以空心点表示。将15个点的  $x, y$  坐标作为汽车造型基因,就形成了该种车型造型的设计基因向量  $D_i (i=1, 2, \dots, n)$ ,即该车型的造型设计变量:

$$D_i = \{P_1(x), P_1(y), C_1(x), C_1(y), \dots, C_7(x), C_7(y), P_8(x), P_8(y)\} \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

## 2 汽车造型“原型特征”抽取方法

汽车车型是一个宽泛的范畴,一般划分为小型两厢车、轿车、MPV 和 SUV 等。汽车车型作为人们最先获得的视觉信息,是识别和判断车型的重要途径,也是汽车造型审美活动的重要认知线索<sup>[2]</sup>。具有不同体量、特征的车型<sup>[12]</sup>也必然具有不同的造型原型,因此,车型是一个影响汽车造型原型的基本因素。然而汽车造型设计过程中还需要同时考虑工程、品牌等多种因素的约束,将造型基因模糊边界阈值特征、造型基因逻辑特征以及工程特征和品牌特征组合在一起,形成一个交集,只有在这个交集内部的造型才是符合该车型该品牌的造型,那么就可以认为上述的这些特征将原本无限可能的造型设计空间逼近构成了一个有边界的设计空间,这个空间即为该车型该品牌的汽车造型原型特征。原型特征构成见图 2。这些特征共同构成了该种车型下某品牌的汽车造型原型,在原型范畴内部设计师可以自由发挥创意,但超出了原型范畴

的设计由于其工艺难以实现或不符合品牌规范等原因,即使美学特征非常出色,也必然会被淘汰。此研究一共制定了汽车造型特征规则 100 余条,由于篇幅所限,以下只举个别例子进行说明。

### 2.1 造型基因模糊边界阈值特征

边界的模糊性是原型的基本特征<sup>[13]</sup>,然而从模糊数学的角度可以认为,当出现频率衰减到足够小的时候即可为不可能出现,即模糊边界也有一个宽泛的而不是定值的边界值,见图 3,即模糊边界本身存在一个确定的造型基因模糊边界阈值。抽取该内外边界阈值有助于车型基本轮廓的确定。

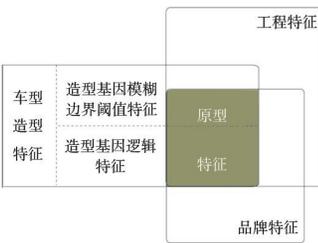


图2 原型特征构成  
Fig.2 Prototype features constitution

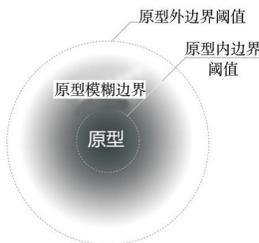


图3 造型基因模糊边界阈值示意  
Fig.3 Modeling genetic fuzzy boundary threshold

不同的车型具有不同的体量、特征等信息<sup>[12]</sup>,为了获得一类车型的几何、变化区间等信息,根据国家汽车分类标准 GB/T 3730.1-2001 等技术法规和人机信息,采用时间序列分析法,抽取目前市场上目标车型中的所有典型车型侧面轮廓线特征点,见图 4,进行特征点叠加提取和极值筛选,将所得的特征点均值作为该车型的典型造型基因模糊边界阈值特征,然后将所得阈值再次扩大  $a$  (极大值加  $a$ ,极小值减  $a$ , $a$  值代表创作范围放宽的程度),最终得到该车型造型基因演变阈值空间向量  $K_{min}$  和  $K_{max}$ ,此阈值向量在确定了造型几何边界的同时也保证了内部空间足够宽容,不至于影响造型创意和约束方式,见图 5。

$$K_{min}=\{P_1(x)_{min}, P_1(y)_{min}, C_1(x)_{min}, C_1(y)_{min}, \dots, C_7(x)_{min}, C_7(y)_{min}, P_8(x)_{min}, P_8(y)_{min}\}$$

$$K_{max}=\{P_1(x)_{max}, P_1(y)_{max}, C_1(x)_{max}, C_1(y)_{max}, \dots, C_7(x)_{max}, C_7(y)_{max}, P_8(x)_{max}, P_8(y)_{max}\}$$

### 2.2 造型基因逻辑特征

汽车造型设计中存在着一些潜在的造型逻辑规则,如小型两厢车中后箱高度应比后保险杠高度高,

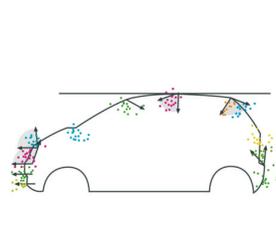


图4 该车型特征点叠加提取  
Fig.4 Models feature point extraction

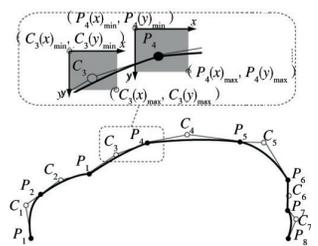


图5 造型基因边界阈值约束方式以  $(C_3, P_4)$  点为例  
Fig.5 Modeling gene boundary threshold constraint mode  $(C_3, P_4)$  points for example)

见图 6。故:当  $n=7$  时,  $P_n(y) < P_{n+1}(y) - b$  (不同原型中  $b$  值不同)。

### 2.3 工程特征

Ekam<sup>[14]</sup>及 Podehl<sup>[12]</sup>等人基于人机方法以及机械标准对汽车轮廓的几何比例和构成关系等逻辑进行了研究,这里在 Ekam 等人研究的基础上,对生成的锚点和曲率控制点之间的人机和品牌逻辑关系进行了约束。例如,由驾驶者眼椭圆范围得到:若定义  $P_4$  相对于  $P_3$  的后倾程度为  $b$ ,  $P_4$  与  $P_3$  的高度差为  $c$  (不同原型中  $b, c$  值不同),可知,当  $n=4$  时,  $P_n(x) > P_{n-1}(x) + b$ ;  $P_n(y) < P_{n-1}(y) - c$ ;  $P_n(y) > C_n(y)$ 。

### 2.4 品牌特征

汽车品牌基因包括内涵、外延和范畴等大量信息<sup>[15]</sup>。汽车造型是品牌基因的载体,每一个品牌基因都有几何描述和语义描述<sup>[16]</sup>,其中对造型本身产生直接影响的为几何描述,而汽车造型的几何品牌特征主要集中在前脸,前脸的进气格栅为一个最直接的品牌表征区域,如宝马的双肾格栅。由于篇幅所限,这里以进气格栅的高度特征为例,这种表征方式可以扩展到进气格栅其他几何特征乃至前脸和汽车造型其他区域的几何品牌特征表征上去(如格栅与大灯的位置关系,大灯形状等,均可通过几何关系数量化规则进行定义)。品牌约束示例见图 7。当  $n=2$  时,  $P_n(x) > P_{n-1}(x)$  (部分品牌);  $P_n(y) > P_{n-1}(y) - d$  (不同原型中  $d$  值不同)。

## 3 汽车造型“原型特征”抽取案例

以小型两厢车和某品牌为例,按上述方法进行其几何边界阈值约束特征、几何基因逻辑特征、工程特

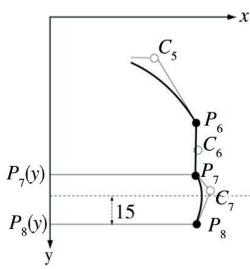


图6 造型基因逻辑特征之  
两点间逻辑特征  
Fig.6 Logical characteristics  
between two points of feature  
modeling gene

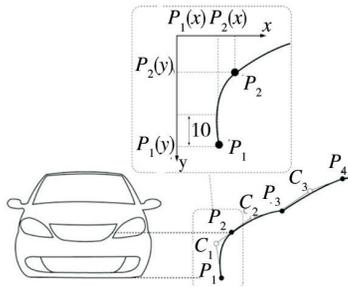


图7 品牌约束示例  
Fig.7 Example of brand  
constraint

征、品牌特征的抽取,得到结果如下。这些结果已经应用在基于遗传算法的小型两厢车造型计算机辅助生成项目中,对利用计算机算法生成的个体的筛选评价起到了重要作用,实践取得了良好效果。

### 3.1 小型两厢车造型基因模糊边界阈值特征

取 $x=20$ ,得到小型两厢车的造型几何边界阈值约束特征,见表1。

表1 小型两厢车几何边界阈值  
Tab.1 Small hatchback geometric boundary threshold

| 阈值  | $P_1(x)$ | $P_1(y)$ | $P_2(x)$ | $P_2(y)$ | $P_3(x)$ | $P_3(y)$ | $P_4(x)$ | $P_4(y)$ | $P_5(x)$ | $P_5(y)$ |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| min | 31       | 229      | 29       | 132      | 127      | 104      | 233      | 44       | 422      | 39       |
| max | 79       | 278      | 87       | 177      | 185      | 142      | 335      | 83       | 567      | 84       |
| 阈值  | $P_6(x)$ | $P_6(y)$ | $P_7(x)$ | $P_7(y)$ | $P_8(x)$ | $P_8(y)$ | $C_1(x)$ | $C_1(y)$ | $C_2(x)$ | $C_2(y)$ |
| min | 503      | 108      | 504      | 145      | 521      | 217      | 21       | 142      | 85       | 115      |
| max | 579      | 146      | 602      | 203      | 634      | 246      | 67       | 197      | 143      | 149      |
| 阈值  | $C_3(x)$ | $C_3(y)$ | $C_4(x)$ | $C_4(y)$ | $C_5(x)$ | $C_5(y)$ | $C_6(x)$ | $C_6(y)$ | $C_7(x)$ | $C_7(y)$ |
| min | 207      | 67       | 322      | 37       | 488      | 51       | 516      | 148      | 531      | 176      |
| max | 238      | 105      | 375      | 62       | 561      | 83       | 577      | 162      | 599      | 233      |

### 3.2 小型两厢车造型基因逻辑特征

抽取后得到小型两厢车造型基因逻辑特征,如: $P_1(y) \in (229, 278)$ ,  $P_2(x) \in (29, 87)$ ,  $P_2(y) \in (132, 177)$ ,等等。

### 3.3 小型两厢车工程特征

抽取后得到小型两厢车工程特征,由驾驶者眼椭圆范围得到:当 $n=4$ 时, $P_n(x) > P_{n-1}(x) + 15$ ;  $P_n(y) < P_{n-1}(y) - 20$ 。

### 3.4 某品牌品牌特征

抽取后得到小型两厢车品牌特征,由该车所在品牌的品牌特征可得,进气格栅高度关系为:当 $n=2$ 时, $P_n(x) > P_{n-1}(x)$ ;  $P_n(y) < P_{n-1}(y) - 10$ 。

## 4 结语

针对汽车造型设计领域中存在的“原型”现象进行了研究,对汽车造型的“原型特征”进行了定义,提出了一种基于数学表达的汽车造型“原型特征”抽取方法并进行了验证。此方法亦可以用于其他车型和品牌“原型特征”的抽取,所得成果已经应用在基于进化思想的汽车造型优化设计方法中,对于造型与工程整合、计算机辅助造型生成以及评价具有重大意义。主要结论有:提出了汽车造型“原型”的定义,即汽车造型设计看似依靠灵感创意生成造型的背后,隐藏着约束和影响汽车造型设计的规则,将这种暗中左右着汽车造型边界和造型认知范畴的规则称为汽车造型“原型”,也就是认知一个汽车造型所属车型和品牌的依据,以及进行某车型某品牌造型设计必须遵守的规则;提出了汽车造型“原型特征”抽取方法,最终将这些特征共同组成了某车型某品牌的汽车造型原型特征,这些特征都以数学或逻辑方式表达,可以直接应用在计算机辅助造型设计中;这里提出的汽车造型“原型特征”抽取方法,在小型两厢车造型计算机辅助生成项目中得到了成功应用,表明了其实用性和有效性。

### 参考文献:

- [1] SOLSO R L, MAC L K M. Cognitive Psychology[M]. Beijing: Peking University Press, 2005.
- [2] 李然, 赵江洪, 谭浩. SUV汽车造型原型获取与表征[J]. 包装工程, 2013, 34(14): 26—29.  
LI Ran, ZHAO Jiang-hong, TAN Hao. SUV Styling Prototype Acquisition and Representation[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(14): 26—29.
- [3] 柳沙. 设计心理学[M]. 上海: 上海人民出版社, 2009.  
LIU Sha. Design Psychology[M]. Shanghai: People's Publishing House, 2009.
- [4] VON B P. Advantages of Evolutionary Computation Used for Exploration in the Creative Design Process[J]. Journal of Integrated Design and Process Science, 2007, 11(3): 5—18.
- [5] ZHANG W, ZHAO J, ZOU F. Semantic Analysis of Chinese

- Adjectives: a New Approach to Mapping the Form-Based Metaphors in Automobile Styling[C]. Design/Rigor&Relevance, 2009: 59—60.
- [6] 赵丹华, 赵江洪. 汽车造型特征与特征线[J]. 包装工程, 2007, 28(3): 115—117.  
ZHAO Dan-hua, ZHAO Jiang-hong. Automobile Form Feature and Feature Line[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(3): 115—117.
- [7] 谭浩, 赵江洪, 赵丹华, 等. 汽车造型特征定量模型构建与应用[J]. 湖南大学学报, 2009, 36(11): 27—31.  
TAN Hao, ZHAO Jiang-hong, ZHAO Dan-hua, et al. Construction and Application of the Quantitative Model of Automobile Form Features[J]. Journal of Hunan University, 2009, 36(11): 27—31.
- [8] 维特根斯坦. 哲学研究[M]. 上海: 上海人民出版社, 2001.  
WITTGENSTEIN L. Philosophical Investigations[M]. Shanghai: Shanghai People's Publishing House, 2001.
- [9] 王巍. 汽车造型的领域知识描述与应用[D]. 长沙: 湖南大学, 2008.  
WANG Wei. Description and Application of Domain Knowledge in Automotive Styling[D]. Changsha: Hunan University, 2008.
- [10] 赵丹华. 汽车造型特征的知识获取与表征[D]. 长沙: 湖南大学, 2007.  
ZHAO Dan-hua. Knowledge Capture and Representation of the Automobile Form Feature[D]. Changsha: Hunan University, 2007.
- [11] MCCORMACK J, CAGAN J, CRAIG V. Speaking the Buick Language: Capturing, Understanding, and Exploring Brand Identity with Shape Grammars[J]. Design Studies, 2004, 25(1): 1—29.
- [12] PODEHL G. Terms and Measures for Styling Properties[C]//DS 30: Proceedings of Design 2002, the 7th International Design Conference, 2002.
- [13] 黎千驹. 模糊语义学导论[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2007.  
LI Qian-ju. An Introduction to Fuzzy Semantics[M]. Beijing: Social Sciences Academic Press, 2007.
- [14] The Eternal triangle[J]. Auto&Design, 2002, 133(5): 65—80.
- [15] 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.
- [16] 张文泉. 汽车品牌“造型基因”研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2007.  
ZHANG Wen-quan. Research on Automobile Brand "Design Gene"[D]. Changsha: Hunan University, 2007.

(上接第45页)

- [J]. Modern Decoration, 2012(7): 111.
- [8] 阿恩海姆·鲁道夫. 艺术与视知觉[M]. 滕守尧, 朱疆源, 译. 成都: 四川人民出版社, 1998.  
ARNHEIM R. Art and Visual Perception[M]. TENG Shou-yao, ZHU Jiang-yuan, Translate. Chengdu: Sichuan People's Publishing House, 1998.
- [9] 萧沁. 解读新加坡城市公共信息设计[J]. 包装工程, 2013, 34(4): 9—11.  
XIAO Qin. Interpretation of Singapore's Public Information Design[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(4): 9—11.
- [10] 莱斯特·保罗·M. 视觉传播形象载动信息[M]. 霍文利, 译. 北京: 中国传媒大学出版社, 2003.  
LESTER P M. Visual Image Transmission Information[M]. HUO Wen-li, Translate. Beijing: Communication University of China Publishing House, 2003.
- [11] 叶冬冬, 李世国. 交互设计中的需求层次及设计策略[J]. 包装工程, 2013, 34(8): 75—78.  
YE Dong-dong, LI Shi-guo. Demand Levels of Interaction Design and Design Strategy[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(8): 75—78.
- [12] 门德来. 现代图形设计创意与表现[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2002.  
MEN De-lai. Modern Graphic Design and Performance[M]. Xi'an: Xi'an Jiao Tong University Publishing House, 2002.

(上接第49页)

- and Feature Line[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(3): 115—117.
- [6] ZHANG Wen-quan, ZHAO Jiang-hong, ZOU Fang-zhen. Semantic Analysis of Chinese Adjectives: a New Approach to Mapping the Form-based Metaphors in Automobile Styling[C]. Design/Rigor & Relevance, 2009: 59—60.
- [7] TEERAVARUNYOU S, SATO K. User Process Based Product Architecture[C]. In the Proceeding of World Congress on Mass Customization and Personalization, 2001.
- [8] ANDERSON J R. Cognitive Psychology and Its Implications [M]. New York: Freeman, 1980.
- [9] KREUZBAUER R. Product Design Perception and Brand Categorization[J]. Advances in Consumer Research, 2007, 34: 240—243.