

视觉意象协同功能限定的列车内装参数化造型设计研究

张丙辰¹, 毕译文¹, 李闯¹, 孙宇涵²

(1.江苏师范大学, 徐州 221116; 2.江苏圣理工学院一中俄学院, 徐州 221116)

摘要: **目的** 探讨视觉意象协同功能限定的参数化造型设计方法, 以便更高效地获取具体造型参数, 并为基于感性工学的视觉意象设计深化提供参考。**方法** 以功能限定为基础, 综合列车内装设计的多种功能诉求, 对造型设计参数的选择进行优化, 通过设定极限值和中心细分的方法提高模型样本制作效率。结合感性工学的方法, 统计实验数据解析主意象因子与视觉舒适度的回归关系, 在此基础上利用视觉意象协同功能限定获取具体适用的造型参数。**结论** 在实际造型设计中, 效果最好的设计参数往往受到工艺、结构、成本等原因的制约, 视觉意象协同功能限定的设计方法能够突破定性关系分析的局限, 综合分析分值变化趋势, 为获取更全面和准确的造型参数提供参考, 提高用户视觉舒适度。

关键词: 功能限定; 视觉意象; 参数化造型

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)08-0158-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.08.026

Parametric Form Design of Train Interior by Visual Imagery Collaborative Functional Limitation

ZHANG Bing-chen¹, BI Yi-wen¹, LI Chuang¹, SUN Yu-han²

(1.Jiangsu Normal University, Xuzhou 221116, China; 2.Institute of Sino-Russian Collaborative Education-JSNU-SPbPU Institute of Engineering, Xuzhou 221116, China)

ABSTRACT: The work aims to explore the parametric design method of visual image collaborative function limitation, so as to effectively obtain more specific modeling parameters, and to provide reference for the deepening of visual image design based on Kansei Engineering. On the basis of function limitation, various functional requirements of train interior design were integrated to optimize the selection of design parameters, and the efficiency of model sample making was improved by setting the limit value and subdividing the center. Combined with the method of Kansei Engineering, the regression relationship between image factors and visual comfort was analyzed by statistical experimental data. On this basis, specific and applicable modeling parameters were obtained by visual image synergy function. In practical modeling design, the most effective design parameters are often constrained by process, structure, cost and other reasons. The design method of visual image collaborative function limitation can break through the limitation of qualitative relationship analysis, comprehensively analyze the trend of score change, provide a reference for obtaining more comprehensive and accurate modeling parameters, and improve users' visual comfort.

KEY WORDS: functional limitation; visual Images; parametric form design

国内外已有学者对基于视觉意象的造型优化进行了研究。Demirtas 等结合有序逻辑回归从消费者需求出发, 提出了产品造型优化方案; Hsiao 等从数量化 I 类理论中的消费者心理出发, 提出了产品造型设

计中的数据优化方案; 徐江根据遗传算法提出了产品设计中的参数应用方法^[1-3]。还有文献将进化计算与产品族功能相结合, 提出基于消费者偏好的自行车、SUV 等产品外形设计方向^[4-6]。形态变异法提出产品

收稿日期: 2018-12-24

基金项目: 教育部人文社会科学研究规划基金项目资助 (18YJAZH123)

作者简介: 张丙辰 (1976—), 男, 湖南人, 博士, 江苏师范大学副教授, 主要从事设计方法、人机交互等方面的研究。

是多个零件组成，每个零件都有基本功能参数，设计可首先设定基本功能参数，而后进行造型设计^[7]。基于上述背景，本文在对列车内装设施特征类目分析的基础上，结合功能限定及中心细分的参数化造型方法，获取使视觉意象接近最大值时的产品造型参数。

1 列车内装的功能限定

列车车顶区域包括中顶、侧顶和灯带。中顶由于车体钢结构的限定，位置和大小不变，造型区域集中在中顶断面的弧线曲度。侧顶为连接中顶与侧墙部分，由于车体钢结构及中顶风口、照明线路位置限定，造型变化主要集中在转角部分的弧度。

中顶灯带高度由车体钢木结构限定，宽度要注意保证出光量应减小，同时为保证视觉没有眩光效果，即避免旅客视线直视照明灯具，坐姿视线见图 1，尽

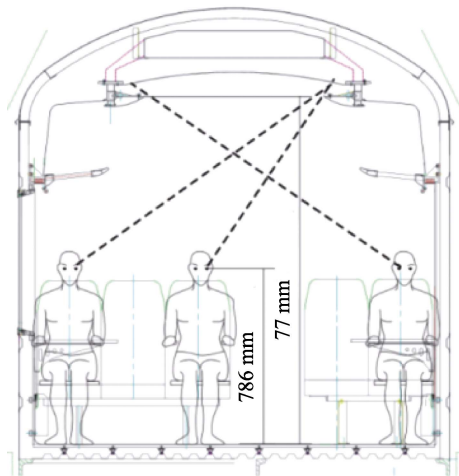


图 1 坐姿视线
Fig.1 Sight of sitting posture

量增大宽度。由 GB/T 12984-1991 可知 50 百分位坐姿眼高为 798 mm，现有灯带宽度可满足需求的最小尺度，可保持不变，灯带造型主要变化集中在断面弧度。

行李架支撑座、支撑杆、后板的纵向定位及高度下限受车体钢结构限制，高度上限需保证旅客存放行李的操作便利，参考 GB/T 12984-1991 知，50 百分位站姿摸高以 2000 mm 为宜，站姿摸高见图 2。支撑杆长度由于受力结构需求，保持现有尺度，因此造型主要集中在前板弧度。

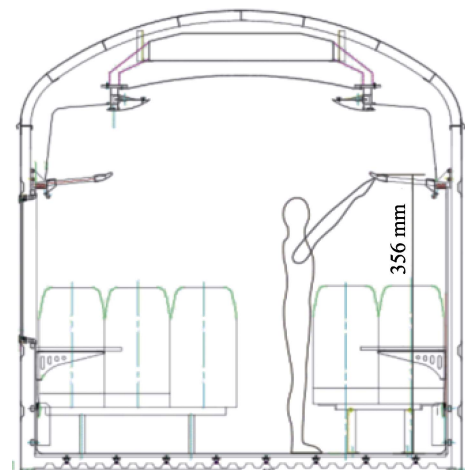


图 2 站姿摸高
Fig.2 Touch height of standing posture

座椅造型较为复杂，靠背、座面的宽度、高度由列车载客量及人体工学共同限定。表面造型由于椅面材料软硬、透气程度而关联体压、体表散热相应变化较多，造型变化集中在对视觉认知影响较大的头枕上部轮廓。通过以上功能性限定分析，可确定实验主要的设施造型变量区域，内装设施造型变量区域见图 3。

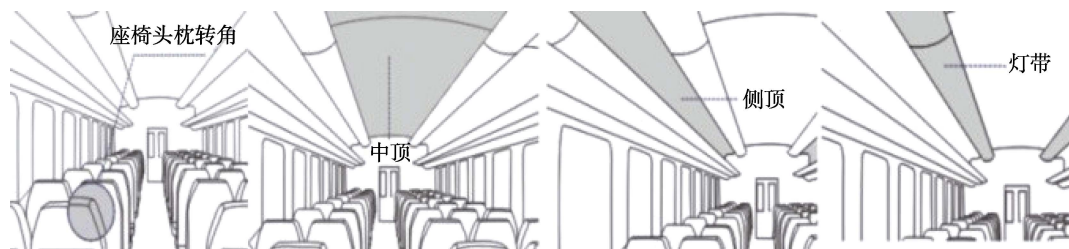


图 3 内装设施造型变量区域
Fig.3 Area of inside model variable

3 参数化造型设计实验

在功能限定的基础上，结合视觉意象进行特征参数化调整，可更有效的完成造型设计^[8-9]。我国国内统型列车分 G、B、K、T4 种车型，其中 25G 型硬座车使用频率较高，且保有数量众多^[10]，因此样本的尺度均以 25G 型硬座车为参数原型。在此基础上进行造型参数实验，统计视觉意象的差异性。

3.1 中顶参数化造型实验

25G 车型中顶的弧度 R 3390 mm 为初始值，参数 R 增大后视觉意象没有显著差异性。该部分车体安装有保温材料及风口等部件，弧度不能过小，应大于 1688 mm，取中间值进行建模，然后以 R2114 mm 与 R3390 mm、1688 mm 的中间值建模，之后继续中心对称细分建模，未发现明显差异，结束中心对称细分建模。

各参数化造型样本半径参数 R 按插入先后顺序为: $R3390\text{ mm}$; $R1688\text{ mm}$; $R2114\text{ mm}$; $R2539\text{ mm}$; $R1901\text{ mm}$ 。根据造型参数构建模型并渲染得到实验样本,从左至右按半径 R 从小到大排序,中顶参数化造型样本见图 4。

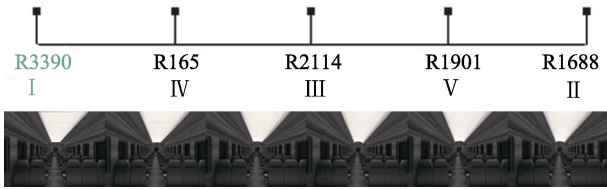


图 4 中顶参数化造型样本
Fig.4 Samples of middle top experiments

3.2 侧顶参数化造型实验

25G 车型侧顶弧度 $R70\text{ mm}$ 为初始值,减小后未发现明显视觉意象差异;侧顶是列车中顶与行李架安装的关联区域,为有效利用行李空间,弧度应小于 450 mm ,取其于 70 mm 的中间值建模,并取 $R260\text{ mm}$ 与 $R70\text{ mm}$ 、 $R450\text{ mm}$ 的中间值建模,之后进行持续细分未发现明显差异,结束中心对称细分建模。根据以上参数建模得到样本,按参数 R 从小到大的顺序排列如下,侧顶参数化造型样本见图 5。

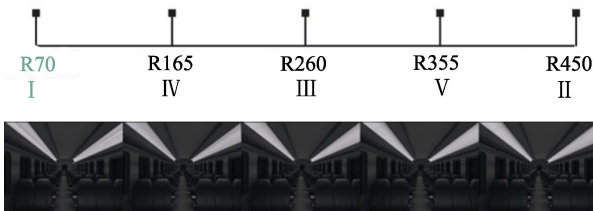


图 5 侧顶参数化造型样本
Fig.5 Samples of lateral top experiments

3.3 灯带参数化造型实验

25G 车型灯带断面弧度 $R430\text{ mm}$ 为初始值。灯带弧度过小会影响出风量。灯带无弧度时参数为 308 mm ,可知 R 应大于 154 mm ,取其于 $R430\text{ mm}$ 的中间值,并以 $R223\text{ mm}$ 与 $R430\text{ mm}$ 、 $R154\text{ mm}$ 的中间值,由于样本间的差异较明显且具有积极意象,接着继续中心对称细分建模,没有发现明显差异,结束中心对称细分建模。利用上述选定的参数建模得到样本,按半径 R 大小排序如下,灯带参数化造型样本见图 6。



图 6 灯带参数化造型样本
Fig.6 Samples of light ribbon experiments

3.4 行李架参数化造型实验

25G 车型行李架前板弧度 R 为 10 mm ,减小后没有显著差异;前板弧度如大于行李架厚度一半时,导致模具及材料成本的大幅升高,因此前板 R 应小于 24 mm 。取 $R10\text{ mm}$ 与 $R24\text{ mm}$ 的中间值建模,并以 $R17\text{ mm}$ 与两极限值的中间值在此细分建模,之后继续未发现明显差异。根据所选参数建模得到实验样本,按 R 半径大小排序如下,行李架参数化造型样本见图 7。

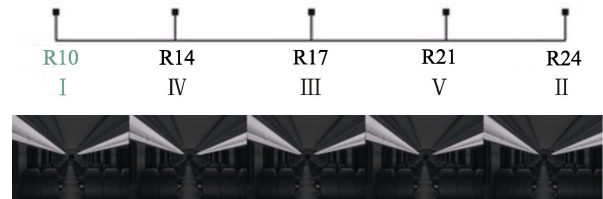


图 7 行李架参数化造型样本
Fig.7 Samples of rack experiments

3.5 头枕参数化造型实验

头枕侧边与水平线夹角为 80° 至 90° 时,视觉意象变化差异不明显。 80° 至 0° 间,夹角越小,头部活动范围越窄,由人体姿态平衡理论可知不利于疲劳调节,因此保持现有 80° 不变。圆角以 25G 车型弧度 $R55\text{ mm}$ 为初始值,继续减小则过于接近直线折角,不具有积极的视觉意象。 R 大于 215 mm 时,已超过头枕上边缘水平线,具有分离变形的趋势,且不具有积极的视觉意象,之后继续细分差异性不明显,因此弧度应小于 215 mm ,取 $R5\text{ mm}$ 与 $R215\text{ mm}$ 的中间值建模,发现差异较大。然后继续以 $R135\text{ mm}$ 与两极限值的中间值 $R95\text{ mm}$ 及 $R175\text{ mm}$ 建模,没有发现显著差异,结束中心对称细分建模。根据上述选定的参数建模得到样本,按 R 大小排序如下,头枕参数化造型样本见图 8。

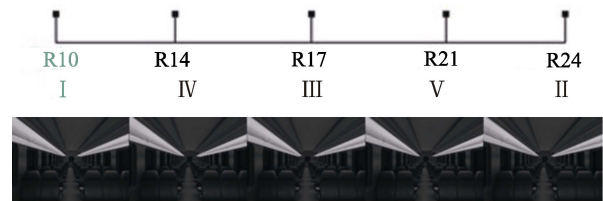


图 8 头枕参数化造型样本
Fig.8 Samples of headrest experiments

4 结果与讨论

根据前期研究得到旅客评价列车内装的视觉意象包括 4 个主意像因子^[11-13],运用数量化理论对本次实验数据进行统计分析^[14-16],用 Y 、 $X1$ 、 $X2$ 、 $X3$ 、 $X4$ 分别表示视觉舒适度、雅致意象、凝静意象、柔

润意象、宽和意象，得到视觉舒适度与意象间的回归关系式： $Y=-2.882+0.688X_1+0.363X_2+0.344 X_3+0.314 X_4$ 。在此基础上结合功能限定及中心细分的方法，可根据视觉舒适度或意象最大值，高效合理地获取具体适用造型参数。

统计中顶实验数据，可获得造型参数节点分值，中顶造型参数节点评分见图 9。从中选取适用的具体造型参数。雅致意象在 R1688 mm 获得最大值。凝静意象在 R2327 mm 获得最大值。柔润意象可在 R3390 mm 或 R2539 mm 有较好效果。宽和意象在 R1901 mm 或 R1688 mm 有较好效果。视觉舒适度在 R1688 mm 获得最大值。

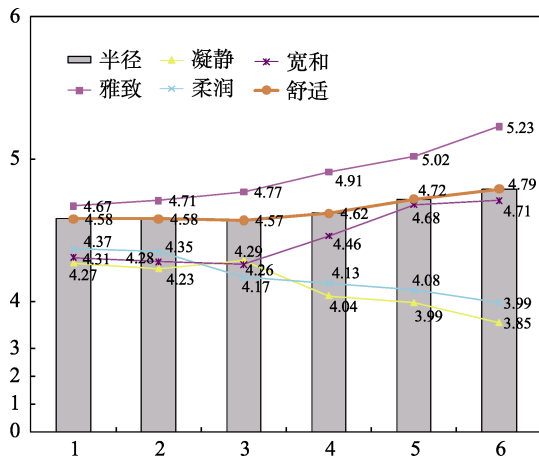


图 9 中顶造型参数节点评分
Fig.9 Parameter node score of middle top model

统计侧顶实验数据可获得造型参数节点分值，侧顶造型参数节点评分见图 10，从中选取适用的具体造型参数。雅致意象分值在 R450 mm 获得最大值。凝静意象在 R70 mm 及 R165 mm 效果较好。柔润意象在制造条件限定多时，可优先考虑选择 R165 mm。宽和意象在 R450 mm 获得最大值。视觉舒适度在 R450 mm 获得最大值，限定较多情况下可优先考虑采用 R260 mm。

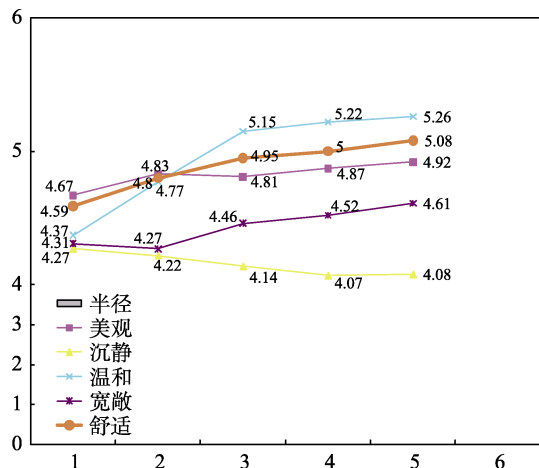


图 10 侧顶造型参数节点评分
Fig.10 Parameter node score of side top model

统计灯带实验数据可获得造型参数节点分值，灯带造型参数节点评分见图 11，可从中选取适用的具体造型参数。雅致意象在 R292 mm 获得最大值。凝静意象在 R637 mm 获得最大值。柔润意象可在 R292 mm 获得最大值。宽和意象 R637 mm 获得最大值。视觉舒适度在 R637 mm 获得最大值。

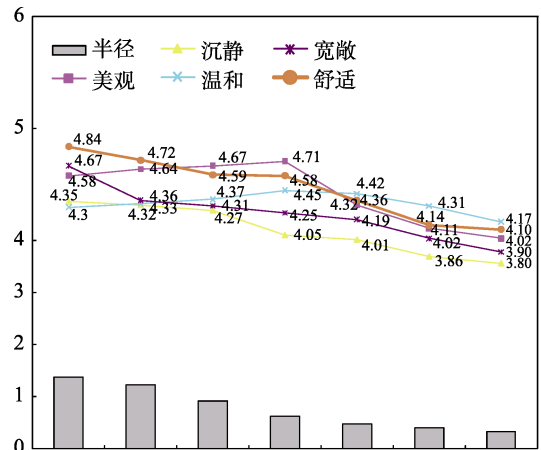


图 11 灯带造型参数节点评分
Fig.11 Parameter node score of light ribbon model

统计行李架前板实验数据可获得造型参数节点分值，行李架造型参数节点评分见图 12，可从中选取适用的具体造型参数。雅致意象在 R14 mm 获得最大值。凝静意象在 R24 mm 获得最大值。柔润意象在 R24 mm 获得最大值。宽和意象在 R10 mm 获得最大值。视觉舒适度分值先增后减，在 R21 mm 时获得最大值。

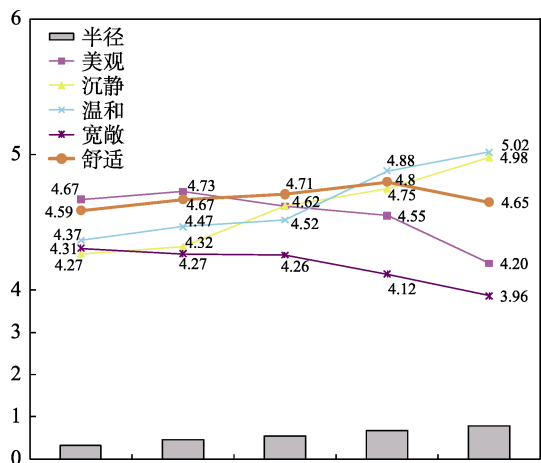


图 12 行李架造型参数节点评分
Fig.12 Parameter node score of rack model

统计头枕实验数据可获得造型参数节点评分，头枕造型参数节点评分见图 13，可从中选取适用的具体造型参数。雅致意象在 R55 mm 获得最大值。凝静意象在 R55 mm 获得最大值。柔润意象在 R215 mm 获得最大值。宽和意象 R215 mm 获得最大值。视觉舒适度 R215 mm 获得最大值。

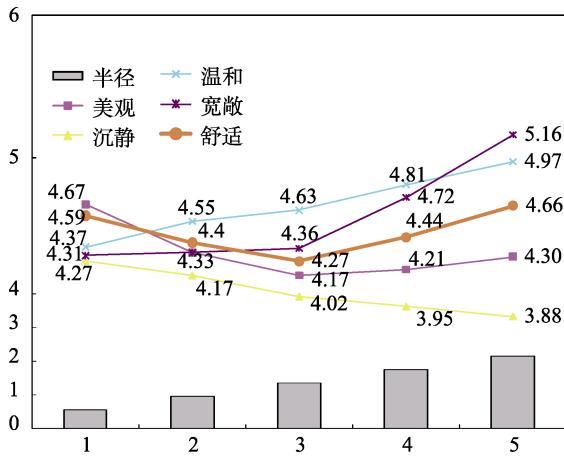


图 13 头枕造型参数节点评分

Fig.13 Parameter node score of headrest model

5 结语

参数化造型设计过程数据庞大,以功能限定参数为基础,确定最大值与最小值,结合用户视觉意象认知,通过持续中心细分建模,能够更加快捷地获取具体设计参数。在实际造型设计中,效果最好的设计参数往往受到工艺、结构、成本等原因的制约,通过视觉意象协同功能限定的参数化造型设计方法,可以综合分析分值变化趋势,更高效地获取具体造型参数,提高用户视觉舒适度。

参考文献:

- [1] DEMIRTAS E A, ANAGUN A S, KOKSAL G. Determination of Optimal Product Styles by Ordinal Logistic Regression Versus Conjoint Analysis for Kitchen Faucets[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2009, 39(5): 866—875.
- [2] HSIAO SW, CHIU FY, LU S H. Product-form Design Model Based on Genetic Algorithms[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2010, 40(3): 237—246.
- [3] 徐江, 孙守迁. 基于遗传算法的产品意象造型优化设计[J]. 机械工程学报, 2007, 43(4): 53—58.
XU Jiang, SUN Shou-qian. Product Image Form Optimization Design Based on Genetical Gorithm[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2007, 43(4): 53—58.
- [4] 苏建宁, 江平宇. 感性工学及其在产品中的应用研究[J]. 西安交通大学学报, 2004, 38(1): 60—63.
SUN Jian-ning, JIANG Ping-yu. Research on Kansei Engineering and Its Application to Product Design[J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 2004, 38(1): 60—63.
- [5] 罗仕鉴, 李文杰. 消费者偏好驱动 SUV 产品族侧面外形基因设计[J]. 机械工程学报, 2016, 52(2): 174—181.
LUO Shi-jian, LI Wen-jie. Consumer Preference-driven SUV Product Family Profile Gene Design[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2016, 52(2): 174—181.
- [6] 胡伟峰. 用户期望意象驱动的汽车造型基因进化[J]. 机械工程学报, 2011, 47(16): 176—181.
HU Wei-feng. Automobile Styling Gene Evolution Driven by User's Expectation Image[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2011, 47(16): 176—181.
- [7] TJALVE E. A Short Course in Industrial Design[M]. London: Butterworth & Co Ltd, 1979.
- [8] 苏建宁, 赵慧娟. 基于支持向量机和粒子群算法的产品意象造型优化设计[J]. 机械设计, 2015, 32(1): 158—163.
SU Jian-ning, ZHAO Hui-juan. Product Image Form Optimization Design Based on Support Vector Machine and Particle Swarm Optimization[J]. Journal of Machine Design, 2015, 32(1): 158—163.
- [9] 张丙辰, 过伟敏. 基于关键点的儿童鼠标外形设计[J]. 机械工程学报, 2012, 48(15): 158—163.
ZHANG Bing-chen, GUO Wei-min. T Mouse Shape Design of Children Based on Key Point[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2012, 48(15): 158—163.
- [10] 张丙辰, 过伟敏. 25G 型铁路客车座椅设计研究[J]. 人类工效学, 2012, 18(2): 62—65.
ZHANG Bing-chen, GUO Wei-min. Research on Function and Comfort of Seat Design of 25G Railway Passenger Car[J]. Chinese Journal of Ergonomics, 2012, 18(2): 62—65.
- [11] 张丙辰, 过伟敏. 面向列车内装造型设计的旅客视觉意象研究[J]. 机械工程学报, 2016, 52(4): 102—108.
ZHANG Bing-chen, GUO Wei-min. Train's Interior Form Design Oriented Visual Image of Passenger Research[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2016, 52(4): 102—108.
- [12] 高维. 面向情绪设计的产品造型对顾客情绪及行为影响的研究[D]. 天津: 天津大学, 2011.
GAO Wei. Design for Emotion: Emotional and Behavioral Consequences of Product Form[D]. Tianjin: Tianjin University, 2011.
- [13] 苏建宁. 产品意象造型设计关键技术研究进展[J]. 机械设计, 2013(1): 97.
SU Jian-ning. Review of Key Technologies of Product Image Styling Design[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2013(1): 97.
- [14] 甘怡群. 心理与行为科学统计[M]. 北京: 北京大学出版社, 2005.
GAN Yi-qun. Psychological and Behavioral Science Statistics[M]. Beijing: Beijing University Press, 2005.
- [15] 阳吉宝. 数量化理论在确定滑坡稳定性影响因素中的应用[J]. 数据统计与管理, 1995, 14(2): 7—11.
YANG Ji-bao. Application of the Theory of Quantification in Determining the Affecting Factors of Landslide Stability[J]. Data Statistics and Management, 1995, 14(2): 7—11.
- [16] 张丙辰, 王艳群. 视觉意象与列车内装产品造型特征元素的关联研究[J]. 包装工程, 2017, 38(14): 32—36.
ZHANG Bing-chen, WANG Yan-qun. Relationship between Visual Image and Morphological Feature Elements of Passenger TrainInterior's Product[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(14): 32—36.