

基于感性工学的儿童陪伴机器人造型设计

陈国强, 姜楠, 张鹏, 谢小雨

(燕山大学, 秦皇岛 066004)

摘要: **目的** 为了满足儿童群体对家庭陪伴型机器人的审美及情感需求, 更好地感知体验造型形象, 提高儿童陪伴机器人造型的创新性和差异性, 让父母和孩子更加青睐。**方法** 运用感性工学理论, 构建了儿童陪伴机器人意象造型与感性认知映射模型, 采用语义差异法和 Likert 量表对代表性样本进行感性意象认知分析, 通过 SPSS 软件统计感性意象词汇测量数据, 进行主成分分析和因子系数数量化分析, 语义量化分析得出主要造型特征影响元素, 依据主要的影响元素对儿童陪伴机器人进行造型设计。**结论** 明确意象造型与感性认知的映射关系以及感性需求相关性分析的方法, 将无形的感性意象词汇转化为有形的造型设计元素, 可以有效指导儿童陪伴机器人进行造型创新设计, 为该行业的产品造型研究方法提供参考。

关键词: 感性工学; 儿童陪伴机器人; 造型设计; 意象认知

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)04-0166-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.04.023

Modeling of Children's Companion RoBot Based on Perceptual Engineering

CHEN Guo-qiang, JIANG Nan, ZHANG Peng, XIE Xiao-yu

(Yanshan University, Qinhuangdao 066004, China)

ABSTRACT: The work aims to meet the aesthetic and emotional needs of the family companion robots for children, to provide a better perception experience of shape image, and improve the innovativeness and difference of the childrens' companion robot shape, thus getting the favor of parents and children. Through the perceptual engineering theory, a model of image modeling and perceptual cognitive mapping of children's companion robot was constructed. Then, the Semantic Difference and the Likert scale were adopted to carry out a perceptual image cognitive analysis on representative samples. The principal component analysis and factor coefficient quantitative analysis were carried out by using SPSS software to measure the perceptual image vocabulary. The main styling features affecting elements were obtained based on the semantic quantitative analysis. In accordance with the main affecting elements, the modeling design of the children's companion robot was carried out. The mapping relationship between image modeling and perceptual cognition and the method of perceptual demand correlation analysis are defined, translating the intangible perceptual image vocabulary into tangible styling design elements, which can effectively guide the children's companion robot to carry out modeling innovation design, and provide reference for the research method of product modeling in this industry.

KEY WORDS: perceptual engineering; children's companion robot; modeling design; image recognition

国家战略规划强调, 在产品设计的过程中满足产品功能维度的同时, 更要关注目标用户的情感输出。从过去的以产品为中心, 到现在以满足用户情感层级

的设计理念为中心是今后产品设计的发展趋势^[1-3]。在研究目标用户更深层次的情感需求以及意象的产品开发技术方面, 感性工学理论作为一种成熟发展的

收稿日期: 2020-11-13

基金项目: 河北省社会科学基金项目 (HB19YS004)

作者简介: 陈国强 (1975—), 男, 河北人, 博士, 燕山大学教授, 主要研究方向为高端装备创新设计方法及理论。

通信作者: 姜楠 (1995—), 女, 山东人, 燕山大学硕士研究生, 主攻高端装备产品创新设计。

设计理论已经广泛应用于设计的各个层级。朱彦^[4]基于层次分析法和语义差异法将用户感性需求进行量化分析,对服务型家庭机器人的结构和外观构建了新的设计方案。蔡瑞虹^[5]运用感性工学建立了用户情感认知与云石机意象造型的映射关系模型,为云石机的造型创新提供了新的设计方案;倪子恒^[6]综合运用语义差分法与形态对比分析法,提取影响车型意象定位的关键造型特征,辅助汽车车型造型设计与研究。此外还有一些文献从产品族造型风格^[7]、意象仿生^[8]、语义模糊评价^[9]以及用户情感需求^[10]等角度对产品造型进行了探索研究,认为感性工学的设计方法能够有效促进产品造型设计。本文以儿童陪伴机器人造型设计为例,阐述基于感性工学的产品造型设计过程。

1 感性意象认知

感性意象指用户对产品形态及其构造在情感和认知维度上的一种视觉表现^[11]。基于感性意象的产品形态设计是运用感性与工学相结合的技术,对用户的情感层级进行数量化分析后,通过感性意象量化来对产品形态进行设计,不仅可以量化用户的感性需求,提炼产品造型设计要素,而且还有助于设计师不断挖掘用户情感特征,在满足用户情感需求的同时提升产品的个性化^[12]。

儿童陪伴机器人的造型特征是用户对机器人造型的认知载体,即用户通过视觉对机器人快速扫描的方式得到初步造型的意象认知^[13]。儿童陪伴机器人的造型意象认知是将用户的感性需求描述转译为理性的造型特征。为了符合产品细分和感性需求,产品的外观造型应运而生,同时其造型特征还要满足产品的结构、功能、材质和人机等因素^[14]。用户对于机器人造型的意象认知是基于机身轮廓的造型特征,通过对某一类产品的特征曲线进行长时间的交互后就会形成固有的造型意象认知,当目标用户面对不同的造型时,可以通过不同的感性意象词汇表现不同的情感因素,对造型的意象认知会受到不同粒度单元特征的影响^[15]。

2 儿童陪伴机器人造型特征分析

2.1 代表性样本和感性意象词汇的选取

从市场和网站上搜集大量造型迥异的儿童陪伴机器人作为产品样本基准,经设计专业人员进行分类筛选得到 39 个产品样本。然后以抽样方式邀请 25 位被测试者,分别由 14 位家长和 11 位儿童组成。要求被测试者根据各自的主观感受,对 39 个产品样本进行分群统计,列出相似性矩阵,运用二维至六维的多元尺度法在 SPSS 中进行展开分析^[16],最终获得八个最具代表性的产品样本,见表 1。

表 1 儿童陪伴机器人代表性产品样本
Tab.1 Representative samples of children's companion robots

样本 1	样本 2	样本 3	样本 4
			
样本 5	样本 6	样本 7	样本 8
			

通过查阅相关文献及以往研究资料共收集到适合本次研究的 56 个形容词,整理后保留 12 组形容词对,然后根据上文选取出的产品样本制成相应的感性意象词汇调查问卷。最后运用 Likert 量表法,邀请 40 位熟悉儿童陪伴机器人的设计人员对代表性样本进行评价打分,评价尺度设为 7 阶,量表的左右两端分值从“-3”到“3”表示意象程度,统计得分计算得到感性意象均值。

运用因子分析法和平均正交旋转法进行主成分分析^[16]。用 SPSS 软件进行主成分分析,将特征值设定为>1 的选取标准,最后得到四个意象因子,累积贡献率达到 94.618%,见表 2。

为了准确筛选出最具代表性的感性意象词对,对以上 12 组形容词对进行聚类分析,又通过因子分析计算数据结果得到,“科技的—传统的、灵活的—笨重的、亲切的—冷漠的、精致的—粗略的”四组最具代表性的感性意象词汇。

2.2 儿童陪伴机器人造型特征设计要素分析

根据造型设计要素:点、线、面、体以及 CMF 因素等,得出产品感性意象设计的影响要素,分别对应儿童陪伴机器人的(开关按键、显示屏轮廓、整体尺寸、头部形态、色彩、材质和活动方式)八个主要的造型特征。为了确保实验的准确性,采用专家访谈法和问卷调查法将以上八个造型特征按照重要程度进行排列,最终选取了对儿童陪伴机器人造型影响最大的六个造型特征:机身轮廓、头部形态、整体尺寸、显示屏幕、色彩搭配及活动方式,并从 A—F 依次编号^[17]。又将以上六个造型特征集合下细分为了 18 个特征元素,分别用数字 1, 2, 3 表示,见表 3。

3 造型要素与意象词汇的映射关系

3.1 感性意象词汇评价试验

根据表 3 得到 4 组感性意象词汇(“科技的—传统的、灵活的—笨重的、亲切的—冷漠的、精致的—

表 2 公因子分析数据表
Tab.2 Common factor analysis data sheet

公因子	感性意象词汇	较高的因子载荷	特征值	方差贡献率	累计贡献率
价值因子	高端的—廉价的	0.952	2.606	86.864	86.864
	时尚的—朴素的	0.922			
	科技的—传统的	0.922			
风格因子	灵活的—笨重的	0.949	2.420	80.680	80.680
	快捷的—缓慢的	0.919			
	复合的—单一的	0.822			
品质因子	亲切的—冷漠的	0.971	2.839	94.618	94.618
	安全的—危险的	0.972			
	圆润的—尖锐的	0.872			
造型因子	精致的—粗略的	0.914	2.470	82.320	82.320
	耐磨的—易损的	0.911			
	流畅的—曲折的	0.896			

表 3 儿童陪伴机器人造型特征设计元素
Tab.3 Modeling feature design elements of children’s companion robot

造型特征集	A 机身轮廓	B 头部形态	C 整体尺寸	D 显示屏幕	E 色彩搭配	F 活动方式
特征元素	A1 流线形	B1 球体	C1 偏小	D1 无屏	E1 黑白灰	F1 包裹式
	A2 几何形	B2 方体	C2 中等	D2 单屏	E2 局部色彩	F2 固定式
	A3 仿生形	B3 不规则体	C3 偏大	D3 多屏	E3 大块色彩	F3 旋转式

注：其中 C 整体尺寸中 C1 偏小为 0~30 cm，C2 中等为 30~60 cm，C3 偏大为 60 cm 以上

表 4 代表性样本感性意象词汇评价均值
Tab.4 Mean value of representative sample perceptual image vocabulary

样本	感性意象词汇			
	科技的— 传统的	灵活的— 笨重的	亲切的— 冷漠的	质感的— 粗略的
1	2.93	3.07	2.73	2.87
2	3.27	3.50	2.80	3.27
3	3.17	3.40	3.23	3.30
4	3.10	3.34	2.97	3.53
5	3.10	2.83	3.30	2.80
6	3.07	3.00	3.33	2.70
7	2.90	3.00	2.63	2.77
8	2.90	3.27	2.73	2.83

粗略的”)最能代表儿童陪伴机器人的造型意象,可分别对应儿童陪伴机器人的在“创新性”、“互动感”、“人性化”和“美观度”等方面的造型设计内容。试验随机抽取 30 位用户作为被测试者,其中设计人员被测试 20 人,非设计人员 10 人,要求被测者根据各自的主观感受对 8 个代表性样本的造型进行评价打分,分析统计后得到各组感性意象词对的平均值,见表 4。

3.2 感性意象词汇与造型特征要素关联性解析

根据造型设计要素的基本组成部分,分别对应儿

童陪伴机器人的机身轮廓、头部形态、整体尺寸、显示屏幕、色彩搭配、活动方式六个造型特征。然后在每个造型特征的归属类别下又细分了 18 个特征元素,然后对每个造型特征要素进行多元线性回归分析。根据数量化 I 类理论的原理,对代表性样本的造型设计要素编码进行进一步量化,最后得到只包含“0”和“1”的矩阵,见表 5。

最后通过 SPSS 统计软件对感性意象词汇的评价均值和造型特征的设计要素矩阵进行多元线性回归分析,其中自变量是表 4 中的儿童陪伴机器人代表性样本的造型特征设计要素矩阵量化值,将其设为 X,而因变量 Y 就是上文中通过测试得到的感性意象词汇的评价均值,建立矩阵 X 和 Y 的多元线性回归方程,结果见表 6。

通过上述多元线性回归分析可知,表 6 中左侧的感性意象词汇(科技的、灵活的、亲切的、精致的)回归系数负相关,而位于右侧的感性意象词汇回归系数则正相关,所以数值越小越能代表该意象,反之则相反。一般来说,拟合优度值大于 0.7 时就可以被采用,而当拟合优度值大于 0.8 时则表示可信度较高^[18]。数据结果拟合优度大于 0.8,所以该数据有较高的可信度。通过对比表 6 中的回归系数绝对值,进而统计分析得到每个感性意象词汇最具代表性的设计要素,推导出儿童陪伴机器人的造型设计建议,见表 7。

表 5 造型设计要素矩阵
Tab.5 Matrix of modeling design elements

样本编号	造型特征元素																	
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	F1	F2	F3
1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
2	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
3	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
4	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1
5	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
6	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
7	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
8	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0

表 6 多元线性回归分析结果
Tab.6 Results of multiple linear regression analysis

感性意象词汇		科技的—传统的	灵活的—笨重的	亲切的—冷漠的	精致的—粗略的
A 机身轮廓	拟合优度 R2	0.785	0.896	0.859	0.917
	A1 流线形	0.402	0.408	0.690	0.241
	A2 几何形	0.298	0.420	-0.116	0.259
	A3 仿生形	0.056	0.371	0.236	-0.001
B 头部形态	B1 球体	0.104	0.555	0.188	0.042
	B2 方体	0.110	0.422	-0.067	0.018
	B3 不规则	0.202	0.659	-0.047	0.465
残差预测值		1.080	1.471	1.585	1.656
C 整体尺寸	拟合优度 R2	0.726	0.939	0.890	0.924
	C1 偏小	-0.340	0.061	-0.455	-0.424
	C2 中等	0.691	0.307	0.355	0.726
	C3 偏大	0.116	0.176	-0.480	0.158
D 显示屏幕	D1 无屏	0.242	0.419	0.185	0.229
	D2 单屏	0.060	-0.188	0.008	0.046
	D3 多屏	0.141	0.224	0.269	0.170
残差预测值		0.933	1.791	1.117	1.097
E 色彩搭配	拟合优度 R2	0.804	0.836	0.789	0.820
	E1 黑白灰	1.368	-0.814	0.771	1.288
	E2 局部彩	-0.775	-0.202	-0.204	-0.649
	E3 大块彩	-0.940	0.036	-0.283	-0.846
F 活动方式	F1 包裹式	0.296	-0.113	0.108	0.146
	F2 固定式	0.505	0.317	0.580	0.201
	F3 旋转式	-0.462	0.379	0.136	1.027
残差预测值		0.478	1.029	2.224	1.645

表 7 各意象词汇对应的造型特征设计建议
Tab.7 Suggestions for designing modeling features corresponding to each image vocabulary

感性意象词汇	A 机身轮廓	B 头部形态	C 整体尺寸	D 显示屏	E 色彩搭配	F 活动方式
科技的	A1 流线形	B1 球体	C2 中等	D3 多屏	E2 局部色彩	F3 旋转式
灵活的	A1 流线形	B1 球体	C2 中等	D3 多屏	E2 局部色彩	F3 旋转式
亲切的	A1 流线形	B1 球体	C2 中等	D3 多屏	E2 局部色彩	F3 旋转式
精致的	A1 流线形	B1 球体	C2 中等	D3 多屏	E2 局部色彩	F3 旋转式
传统的	A3 仿生形	B2 方体	C1 偏小	D2 单屏	E1 黑白灰	F2 固定式
冷漠的	A2 几何形	B2 方体	C3 偏大	D1 无屏	E1 黑白灰	F1 包裹式
笨重的	A2 几何形	B2 方体	C3 偏大	D1 无屏	E3 大块色彩	F1 包裹式
粗略的	A2 几何形	B3 不规则体	C3 偏大	D2 单屏	E3 大块色彩	F1 包裹式

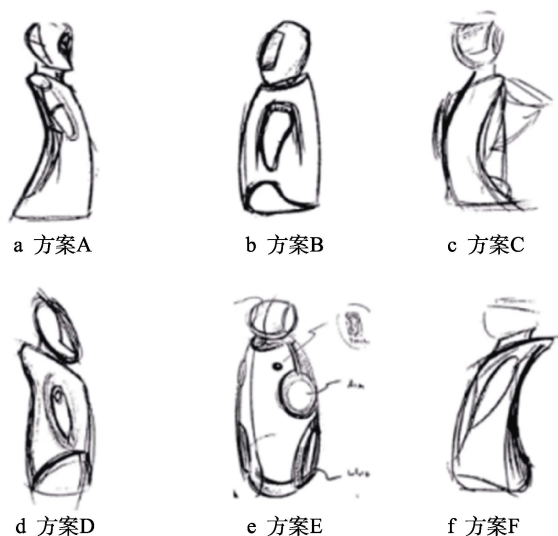


图1 儿童陪伴机器人造型初步设计方案
Fig.1 Preliminary design scheme of children's companion robot modeling

由表7可知,儿童陪伴机器人的造型特征可以直观体现用户的感性意象。其中,流线形机身轮廓、球体造型的头部形态、30~60 mm的中等尺寸、分屏显示、旋转式的活动方式以及使用局部的色彩会给用户带来科技的、亲切的、灵活的、精致的等更具人性化与创新性的感性意象,而粗糙的机器人造型(如几何形的机身轮廓,不规则的头部形态,整体偏大的尺寸,使用大面积的彩色等)会给用户带来冷漠的和粗略的感觉,以及笨重的和传统的体验。因此在进行造型设计时应该抓取目标用户需求,以此数据作为设计要素参考,并结合意象尺度对轮廓造型进行适当调整,感性意象与理性数据相结合整体把握儿童陪伴机器人的设计。

本文对儿童陪伴机器人的造型设计形成了六款初步方案,见图1。

4 儿童陪伴机器人造型设计方案实践

对受测者再次结合Likert量表进行问卷调查,通过评分的高低筛选消费者喜欢的方案,调查问卷评价统计结果方案D得分最高。根据方案D结合对用户感性需求的分析,对感性意象进行拓展,根据儿童陪伴机器人的造型设计方案应展现出科技、灵活、亲切和精致的特点。机器人机身轮廓的整体把握上应该多采用流线型,突出整体感和线条的韵律感,机器人头部形状应保持流畅的线条感,以球体为基准进行塑造,体现了造型的创新度和互动性;为使机身更加精致,整体尺寸经过科学计算30~60 mm是最适合学龄前儿童身高的尺寸,使用分屏显示和旋转式的活动方式,更有利于拉近与儿童的距离,提高机器人造型的人性化,推荐使用局部彩色的搭配方案,避免单调的同时更显清新,在色彩和质感方面体现出造型的美感



图2 儿童陪伴机器人效果
Fig.2 Effect of children's companion robot

和层次变化,符合用户的感性需求。最后,通过三维建模渲染出造型设计方案,最终效果见图2。

5 结语

运用感性工学的设计方法研究用户感性需求,并进行量化分析提取产品造型特征。以儿童陪伴机器人为设计对象,通过对目标用户的感性评价数据和对代表性样本的造型要素关联性分析,构建视觉感性意象模型并验证其有效性,不但为儿童陪伴机器人的造型方向提供了科学的设计意见,而且为此类产品造型设计的感性意象研究提供了值得参考与借鉴的方法。最终方案经过验证评估得到的结果也是被大众所接受且认可的,基于感性工学设计方法指导下的儿童陪伴机器人造型创新设计,表明此次研究对于儿童陪伴机器人的造型设计具有较好的应用性和可信度。

参考文献:

- [1] 罗仕鉴,潘云鹤. 产品设计中的感性意象理论、技术与应用研究进展[J]. 机械工程学报, 2007, 43(3): 8-13.
LUO Shi-jian, PAN Yun-he. Progress in Perceptual Image Theory, Technology and Application in Product Design[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2007, 43(3): 8-13.
- [2] LIU Shuo-fang. Development of a New Cultural Design Process Using Kansei Engineering and Fuzzy Techniques[J]. International Journal of Clothing Science and Technology, 2019, 31(5): 1-21.
- [3] ALEC Fenech. Kansei Engineering over Multiple Product Evolution Cycles: an Integrated Approach[J]. Procedia CIRP, 2019(84): 1-3.
- [4] 朱彦. 基于感性工学的家庭服务机器人外形设计研究[J]. 包装工程, 2015, 36(14): 50-54.
ZHU Yan. Research on Shape Design of Family Service Robot Based on Perceptual Engineering[J]. Packaging

- Engineering, 2015, 36(14): 50-54.
- [5] 蔡瑞虹. 云石机意象造型认知与感性设计研究[J]. 机械设计, 2018, 35(1): 121-124.
CAI Rui-hong. Study on Cognitive and Perceptual Design of Image Model of Marble Machine[J]. Machinery Design, 2018, 35(1): 121-124.
- [6] 倪子恒. 车型意象认知与侧轮廓造型特征关联研究[J]. 包装工程, 2017, 38(20): 188-193.
NI Zi-heng. Relationship between Vehicle Image Cognition and Side Profile Modeling[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(20): 188-193.
- [7] 苏建宁. 基于感性意象的产品族造型设计方法研究进展[J]. 机械设计, 2017, 34(11): 112-116.
SU Jian-ning. Research Progress of Product Family Modeling Method Based on Perceptual Imagery[J]. Mechanical Design, 2017, 34(11): 112-116.
- [8] 黄金发. 离心选矿机意象仿生造型设计[J]. 机械设计, 2019, 36(8): 135-139.
HUANG Jin-fa. Design of Bionic Modeling of Centrifugal Concentrator[J]. Machinery Design, 2019, 36(8): 135-139.
- [9] 吴剑斌. 儿童产品造型语义模糊评价[J]. 机械设计, 2018, 35(2): 124-128.
WU Jian-bin. The Fuzzy Evaluation of Children's Product Modeling Semantics[J]. Machinery Design, 2018, 35(2): 124-128.
- [10] 崔杨. 基于用户情感需求的汽车造型设计研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2009.
CUI Yang. Research on Automobile Design based on User's Emotional Needs[D]. Changsha: Hunan University, 2009.
- [11] 王雪洁, 肖旺群. 基于感性意象的工业机器人造型设计研究[J]. 机械设计, 2016, 33(8): 117-120.
WANG Xue-jie, XIAO Wang-qun. Research on Modeling of Industrial Robot Based on Perceptual Imagery[J]. Mechanical Design, 2016, 33(8): 117-120.
- [12] 胡伟峰. 基于感性意象的越野车造型设计研究[J]. 机械设计, 2014, 31(11): 108-110.
HU Wei-feng. Research on the Design of Off-road Vehicles Based on Perceptual Imagery[J]. Mechanical Design, 2014, 31(11): 108-110.
- [13] 钱皓. 基于意象仿生的儿童遥控车造型设计及评价研究[J]. 包装工程, 2019, 40(14): 144-149.
QIAN Hao. Study on the Design and Evaluation of Children's Remote Control Car Based on Image Bionics[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(14): 144-149.
- [14] 代欣. 儿童陪伴机器人人机交互界面可用性设计研究[D]. 天津: 天津工业大学, 2019.
DAI Xin. Research on Usability Design of Human-computer Interaction Interface for Children's Companion Robot[D]. Tianjin: Tianjin Polytechnic University, 2019.
- [15] 刘宗明, 葛碧慧. 基于 QFD 的老年家用陪护机器人设计[J]. 图学学报, 2018, 39(4): 695-699.
LIU Zong-ming, GE Bi-hui. Design of Elderly Home Escort Robot Based on QFD[J]. Journal of Graphics, 2018, 39(4): 695-699.
- [16] 高祥宝, 董寒青. 数据分析与 SPSS 应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
GAO Xiang-bao, DONG Han-qing. Data Analysis and SPSS Application[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2006.
- [17] 徐文静. 儿童学习型智能机器人设计研究[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2019.
XU Wen-jing. Research on the Design of Children's Learning Intelligent Robots[D]. Jinan: Qilu University of Technology, 2019.
- [18] 张硕. 基于 BP 神经网络的壁挂式充电桩产品形态研究[J]. 图学学报, 2017, 38(6): 865-868.
ZHANG Shuo. Research on the Product Shape of Wall-mounted Charging Pile Based on BP Neural Network[J]. Journal of Graphics, 2017, 38(6): 865-868.