基于情感化设计的数控机床面板设计方法研究

李蕊，张继晓

（北京林业大学，北京 100083）

摘要：目的 使数控机床面板造型设计更加人性化，更符合用户的情感需求。**方法** 以情感化设计相关理论为基础，选取典型机床面板样本，运用感性工学中的语意差异法和因子分析法，对产品形态要素进行分解研究。**结果** 确定了机床面板造型的情感化影响因子，找到了机床面板的意象语义与形态设计要素之间的对应关系。**结论** 综合运用三层次理论和感性工学方法，为其他种类的工业设备面板情感化分析提供一定的参考价值。

关键词：工业设计；情感化设计；感性工学；感性意象；机床面板

中图分类号：TB472　**文献标识码：**A　**文章编号：**1001-3563(2017)06-0092-04

Design Methods of Panel for NC Machine Tools Based on Emotional Design

LI Rui, *ZHANG Ji-xiao*

(Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

ABSTRACT: It aims to make panel for NC machine tools more humanization, satisfy user needs. Based on theories of emotional design, it selects typical machine panel, applies semantic differential scale and factor analysis method of kansei engineering, decomposes product form items. Modeling of impact factor is established, also, the correspondences between image semantic of machine panel and formative element is discovered. By synthetically applying the three hierarchy theory and the methods of kansei engineering, the design method based on emotional analysis provides reference for design of other industrial equipments.

KEY WORDS: industrial design; emotional design; kansei engineering; kansei image; machine panel

数控机床作为支撑我国主导产业的关键装备，是现今制造技术的重要基础[1]。而数控机床面板作为机床的“中枢神经”，是连接人与机器的重要纽带。现今，数控机床已在功能、技术等问题上得到解决后，人机间的情感交互被更加重视。机床面板的相关研究主要集中在面板外观的人机效率、形态构成元素、色彩研究等方面。近年来，也有不少学者对机床设计与感性工学相关的理论进行研究。这里以机床面板的情感测量为对象，运用因子分析法，找到影响用户的情感因子，对应样本的设计要素，得到机床面板的情感因子与设计要素之间的关系。

1　机床面板情感化

美国诺曼提出的三层次理论以本能、行为、反思3 个不同层次为出发点，阐述情感在设计中所处的重要地位和作用[2]。本能层次由生物因素决定，是指用户对外界刺激所产生的情感，表现在对产品的形状、色彩、材质等的感受；行为层次由物理因素决定，是指用户在行为发生过程中所产生的情感，涉及对产品可用性、易用性等的体验；反思层次由精神因素决定，是指用户理解产品时产生的情感，体现在产品的文化背景、信息、体验等方面[3]。

1.1　机床面板情感分析

依照诺曼提出的三层次理论，可以对人们使用数控机床面板时的情感进行分析研究。

（1）本能层。由于机床面板是一种高精密、高效率的控制设备，体量较大，大多棱角分明，用户易产生呆板、生硬的直观感觉和紧张危险的心理感受。

收稿日期：2016-11-21

作者简介：李蕊（1990—），女，河南人，北京林业大学硕士生，主攻工业设计和产品语义。

通讯作者：张继晓（1962—），男，山东人，硕士，北京林业大学教授，主要研究方向为产品设计方法、产品语义和产品视觉设计。

并且机床面板大多在工厂使用，操作环境单调，易产生孤独和冷漠感。（2）行为层。用户在操作过程，需要根据需求输入程序，精神高度集中，需谨慎行事，长时间操作易产生疲劳，容易给人造成一种操作上的冷漠感和情感上的无助感。另外，遇到安全事故时，用户由于紧张心理，极易出现误操作或识别障碍。（3）反思层。用户使用机床面板的体验是基于个人对控制设备的理解和操作熟练程度,也受文化差异、心理等因素影响。反思层面关注面板给用户带来的精神与文化层次的体验感受和意义表达。当机械按键被触屏按键取代时，操作者易产生具有兴奋和抵触两种倾向性的操作心态和操作行为。

1.2　机床面板情感化设计流程

产品形态是情感化设计的物化表现，情感是产品形态的内在表达。由于情感通过具体媒介传播，其本身不具备物质特性，需通过情感测量，获取用户感知意向。感性工学是一种运用工程技术手段来探讨“人”的感性与“物”的设计特性间关系的理论及方法[4]。在工业设计领域，它将模糊的情感意象转化为明确的设计细节。而三层次理论的本能、行为、反思层则强调机床面板情感与认知的相互作用。数控机床面板的情感化设计思路如下：（1）典型机床面板样本选取与意象分析，提取影响因子；（2）分析机床面板设计要素，建立感性意象与设计要素之间的关联；（3）总结机床面板影响因子对设计要素的指导。

2　机床面板分析方法

产品形态通过语义传达情感意象，对情感意象进行评价分析便于理解产品的情感表达。机床面板的评价方法研究受意向尺度、被测者和样本的约束影响，如样本因素（大样本、小样本、取样方法等）的不同将对实验和设计评价的结论及其解释产生影响[5]。

2.1　机床面板典型样本收集

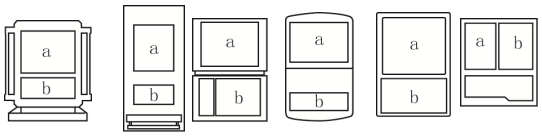
通过展会、网站、销售市场和机床厂等途径搜集大量样本，对样本初步筛选后，剔除相似度高的样本，得到 50 个代表性样本[6]。经过聚类分析，根据机床面板显示区与控制区成角的不同，分为 3 类，即直角式、钝角式和平角式。每一类中选取 2 个代表性面板，总计 6 种，机床面板典型样本见表 1。

2.2　机床面板意象词汇收集

用户的认知是建立在用户需求和审美意象上的，用户的审美意象是用户在感知基础上形成的心理表象，在设计中表现为用户的认知解释[7]。由于用户的教育程度、行为习惯等不同，造成用户对同一产品不同的认知理解，因此设计产品前，掌握用户的情感喜好至关重要。这里通过 3 种途径收集意象词汇，一是查阅相关文献总结专业词汇；二是网络获取机床面板点击量较多的词汇；三是实地调研、发放问卷总结相关面板意象词汇。共搜集到 40 个感性词汇，经过筛选处理，最终得到 12 个正方向（积极的）意象词汇，见表 2。

表 1　机床面板典型样本

Tab.1Typical samples of machine panel

类别	直角式		钝角式		平角式	
编号	1	2	3	4	5	6
典型样本						
典型特征						

注：a代表显示区，b代表控制区。

表 2　机床面板意象词汇

Tab.2 Image vocabulary of machine panel

编号	意象词汇	编号	意象词汇
1	现代	7	整体
2	亲切	8	和谐
3	简洁	9	轻便
4	实用	10	科技
5	安全	11	温暖
6	清晰	12	变化

2.3　机床面板意象词汇的评价分析

选择 10 名机床操作者，10 名机械科研人员，10 名工业设计人员作为调查对象，被测者均为产品接触者，对面板特征有相关理解。填写“问卷星”电子问卷，问卷采用李克特量表评定法，根据上述 12 个意象词汇，采用 5 级量的计分形式，每一级量有“非常同意”、“同意”、“不一定”、“不同意”、“非常不同意”5 种回答，感性值分别为 5，4，3，2，1。综合所有数据，导入 SPSS 软件，进行统计分析，结果如下。

根据对 12 个意象词汇的描述性统计分析发现，所有词汇的平均值基本上都在 3 分以上，说明选取的因素比较合理，能够代表机床面板意象感受，描述性统计分析见表 3。

通过对问卷整体的信效度检验发现，所用数据 KMO 值达到了 0.791，Bartlett 系数为 272.80，说明适合做因子分析，整体问卷的 Cronbach 系数为 0.938 接近于 1，说明数据的信效度相当好。

根据总方差解释表可以得出，有两个满足条件的特征值，它们对样本方差的累计贡献率达到了 69.238%，

表 3 描述性统计分析

Tab.3 Descriptive statistical analysis

	平均数	标准差		平均数	标准差
现代	3.53	1.008	整体	3.97	0.718
亲切	3.43	1.006	和谐	3.67	0.844
简洁	3.63	0.928	轻便	3.37	0.964
实用	3.90	1.029	科技	3.47	1.196
安全	3.90	0.712	温暖	3.13	1.106
清晰	3.70	0.952	变化	2.93	1.172

代表了绝大部分信息，说明提取两个因子能够对所分析的问题进行较全面的解释。结果显示，第一因子的贡献率为 40.104%，由 G_1 表示，第二因子的贡献率为 29.135%，由 G_2 表示。现将原有的 12 项影响因素用这两个主因子替代，并根据他们占总方差的贡献率求得它们在两个主要因子中的权重 A，计算结果如下：

$$AG_1=G_1/(G_1+G_2)=40.104\div(40.104+29.135)=57.921\%$$

$$AG_2=G_2/(G_1+G_2)=29.135\div(40.104+29.135)=42.079\%$$

根据因子负荷矩阵表，将结果加以整理，分别用 X_1，X_2，…，X_{12} 替代 12 个影响因素，计算出不同影响因素的权重，最终从两个主因子中挑选 5 个权重较高的意象词汇。在主成分 1 的矩阵中，值最大的感性词分别是“和谐”、“科技”和“亲切”，代表用户与机床面板之间第一直观感受，因此把主成分 1 称作本能性主成分；在主成分 2 的矩阵中，值最大的感性词分别是“安全”和“清晰”，代表用户与面板之间的操作感受，因此把主成分 2 称作行为性主成分，因子分析结果见表 4。

表 4 因子分析结果

Tab.4 Factor analysis results

因子成份	意象语义	旋转因子负荷量		权重/%
本能性因子	和谐	0.866	0.188	9.635
	科技	0.854	0.171	9.502
	亲切	0.738	0.411	8.211
行为性因子	安全	0.141	0.870	10.433
	清晰	0.235	0.817	9.797

2.4 机床面板设计要素的提取

产品造型特征是形成用户辨识的最直接有效的、可视的外部识别要素[8]。产品造型系统是产品系统的子系统，对现有产品造型进行部件拆分，并提取造型元素特征[9]。基于机床面板的现状分析结果，可确定设计项目为轮廓结构、开合方式、面板布局，将每个项目再细分特征要素[10]。设计要素分类见表 5。

表 5 设计要素分类

Tab.5 Design elements classification

设计项目	设计要素描述
Y_1 轮廓结构 Y_2 开合方式 Y_3 面板布局	C_1 方形；C_2 孤形；C_3 自由形；C_4 直角式；C_5钝角式；C_6 平角式；C_7 色彩；C_8功能；C_9 开关位置；C_{10} 疏密程度

2.5 建立感性意象与设计要素之间的关联

为进一步研究机床各部分设计要素与感性意象之间的相关性，从样本中分别找出“和谐”“科技”“亲切”“安全”“清晰”得分最大样本，并与设计要素对应，设计要素与情感意象对应见表 6。从表 6 中可看出，在类目的设计要素方面，产品轮廓结构多以规则的方形为主；开合方式并不存在明显差异性；面板布局由多个设计要素共同决定。

表 6 设计要素与情感意象对应

Tab.6 Correspondence tables between elements and images

项目	类目	和谐		科技	亲切	安全	清晰
Y1	C1		●5	●5		●1	
	C2	●4			●4		●4
	C3						
Y2	C4					●1	
	C5	●4			●4		●4
	C6		●5	●5			
Y3	C7	●4	●5	●5	●4		●4
	C8	●4			●4	●1	●4
	C9		●5	●5			
	C10	●4	●5	●5	●4	●1	●4

注：●x 符号表示得分最大的样本特征。

3 结果分析与设计指导

基于上述结果分析可得知：影响因子是用户对产品意象认知的概括，本能性因子和行为性因子是影响机床面板的两个主成分因子，说明直观的感受和操作体验更容易引起操作者的感性认识，与诺曼三层次理论相对应。而设计要素是对产品造型特征的细化，是产品的“结构式样”。通过影响因子与设计要素的对应，把经验的感性词转变为具体的设计细节。

3.1 本能性因子与设计要素

本能性因子代表词汇为“和谐”、“科技”和“亲切”指用户的直观生物感受，关注面板的整体色彩、质感和造型。(1)“和谐”。得分最高的为样本 5 和样本 4，两个样本均是双色制配色，通过两种色彩的调整、组合达到和谐统一的视觉效果；得分最低的样本采用单一的无彩色，单一色易产生视觉疲劳，缺少人情味。

得出和谐统一的色彩搭配是操作者对面板的直接心理诉求[11]。（2）“科技”。得分最高的为样本 5，此样本的屏幕为大尺寸，并且采用触摸屏的方式，方便拓展后台程序，利于人机交互；得分最低的样本为小尺寸屏幕，不利于人眼识别。对比可知，拥有科技感的触摸屏面板更受用户期待。（3）“亲切”。得分最高的为样本 4，此样本呈弧形结构，开合方式是钝角式，控制区与垂直方向倾斜角度；得分最低的样本为方形结构无倒角，直角式开合，面板控制区与垂直方向呈 90°夹角。对比可知，方形产生尖锐的心理暗示，适当的圆润倒角或是孤行线修饰的方形形态易产生亲切的感受，并且控制区呈倾斜角度的面板更有受众人群[12]。

3.2　行为性因子与设计要素

行为性因子代表词汇“安全”和“清晰”指用户在操作状态的物理感受。（1）“安全”得分最高为样本 1，此样本在主体旁增添两根扶手，操作者一手操作时，另一只手有支撑，产生安全的心理暗示；另急停键位置位于面板右侧，紧挨机床观察窗，可根据突发情况，快速制动。得分最低的样本无扶手，急停键位置远离观察窗，易产生操作延误。对比可知，安全性扶手和开关位置是操作者基本心理诉求。（2）“清晰”得分最高的为样本 4，此样本以色彩划分显示区与控制区的功能，并且不同功能区域的按钮间距疏密有度。得分最低的样本功能区没有区分，按钮密集。可得出，用户在操作状态下，更加青睐整体清晰、疏密有度的平面布局。

4　结语

通过综合运用三层次理论和感性工学的方法，分析了用户对机床面板的情感认知。并在此基础上，运用语意差异法和因子分析法，提取了影响机床面板的两个情感因子：本能性因子和行为性因子，对应典型面板样本，建立用户感性意象与面板设计要素之间的对应关系，并通过感性意象对应样本得分，确定了用户对机床面板的设计偏好。虽然机床面板不像消费类产品有丰富的情感因素，但是实际调查研究发现，用户对该产品存在意象和感性偏好需求。对于数控机床面板而言，运用该方法将用户“感性”编码信息通过产品表达“解码”出来，从而弥补传统情感化设计方法的不足，进一步促进机床面板创新设计。

参考文献：

[1] 袁雪娇，程鲲，王基生，等. 基于构成要素的数控机床造型特征研究[J]. 机械设计, 2014, 31(8): 118—121.
YUAN Xue-jiao, CHENG Kun, WANG Ji-sheng, et al. Study on Modeling Features of NC Machine Based on Constituent Elements[J]. Journal of Machine Design, 2014, 31(8): 118—121.

[2] 诺曼. 情感化设计[M]. 北京：电子工业出版社, 2006.
NORMAN A D. Emotional Design[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2006.

[3] 冯乙. 面向情感化的老年电动代步车造型设计研究[J]. 机械设计, 2014, 31(11): 122—125.
FENG Yi. Modeling Design of Electric Scooter for Elderly Facing to Emotion[J]. Journal of Machine Design, 2014, 31(11): 122—125.

[4] 丁俊武，杨东涛，曹亚东，等. 情感化设计的主要理念、方法及研究趋势[J]. 工程设计学报, 2010, 17(1): 12—18.
DING Jun-wu, YANG Dong-tao, CAO Ya-dong, et al. Theory, Method, and Trend of Emotional Design[J]. Chinese Journal of Engineering Design, 2010, 17(1): 12—18.

[5] 朱上上，罗仕鉴，赵江洪. 基于人机工程的数控机床造型意象尺度研究[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2000, 12(11): 873—875.
ZHU Shang-shang, LUO Shi-jian, ZHAO Jiang-hong. Preliminary Study on Form Image Scale of Numerical Controlled Machine Tool Based on Human Factors[J]. Journal of Computer-Aided Design and Computer Graphics, 2000, 12(11): 873—875.

[6] 陈雪，张义. 基于感性工学的激光打标机外观创新设计研究[J]. 包装工程, 2012, 33(6): 38—41.
CHEN Xue, ZHANG Yi. Research on the Innovation Appearance Design of Laser Marking Machine Based on Kansei Engineering[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(6): 38—41.

[7] 胡婷婷，赵江洪，赵丹华. 设计师和用户的汽车造型意象认知差异研究[J]. 包装工程, 2015, 36(24): 33—36.
HU Ting-ting, ZHAO Jiang-hong, ZHAO Dan-hua. Imagery Cognition Differences between Designers and Users Automobile Modeling[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(24): 33—36.

[8] 姚君，陈俊浩，刘志斌. 基于品牌文化的垃圾车造型识别设计研究[J]. 包装工程, 2014, 35(8): 39—42.
YAO Jun, CHEN Jun-hao, LIU Zhi-bin. The Modeling Identification Design of Rubbish Vehicle Based on Brand Culture[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(8): 39—42.

[9] 张伟社，梁学双，李美美，等. 基于案例信息的机电产品造型创新设计方法[J]. 包装工程, 2015, 36(20): 47—51.
ZHANG Wei-she, LIANG Xue-shuang, LI Mei-mei, et al. Innovative Design Methods of Mechanical and Electrical Products Form Based on Case Information[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(20): 47—51.

[10] 李永锋，邢艳芳，朱丽萍. 基于灰色系统理论的产品意象造型设计研究[J]. 包装工程, 2010, 31(14): 43—46.
LI Yong-feng, XING Yan-fang, ZHU Li-ping. Research on Form Design of Product Image Based on Grey System Theory[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(14): 43—46.

[11] 李婧. 现代数控机床色彩设计研究[D]. 西安：陕西科技大学, 2012.
LI Jing. Study on Color Design of CNC Machine Tools[D]. Xi'an: Shannxi University of Science and Technology, 2012.

[12] 朱彦. 形态构成元素在数控机床工业设计中的应用[J]. 现代制造工程, 2013(4): 48—52.
ZHU Yan. The Application of Form Constitution Elements on Industrial Design of Numerical Control Machine Tool[J]. Modern Manufacturing Engineering, 2013 (4): 48—52.