

DOI:10.13364/j.issn.1672-6510.20150094

基于感性工学的机床外防护造型设计研究

贺鹏¹, 薛强¹, 薛伟国², 刘建明¹, 张焱¹, 樊曦¹, 程大伟¹

(1. 天津市轻工与食品工程机械装备集成设计与在线监控重点实验室, 天津科技大学机械工程学院, 天津 300222;
2. 天津百利机械装备集团有限公司中央研究院, 天津 300350)

摘要: 为使得机床外防护造型能满足使用者的感性需求, 通过均值分析法对机床的典型感性词进行提取, 通过判断矩阵对各造型因素的权重进行比较, 通过语义差分法和正交试验法对典型感性词与造型因素关系进行确定, 获得典型感性词、典型感性词与造型因素关系表; 并使用这些研究的成果指导 YK5115 型数控插齿机的外防护造型设计, 从而提升数控机床的外防护造型设计水平. 采用层次分析评价法对方案进行评价, 确定了最终设计方案, 并进行实际生产, 由此验证了方案的可行性.

关键词: 机床外防护造型; 感性工学; 语义差分法; 正交试验法; 层次分析评价法

中图分类号: TB472 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6510(2016)02-0062-05

Outer Shield's Appearance Modeling Based on Kansei Engineering

HE Peng¹, XUE Qiang¹, XUE Weigu², LIU Jianming¹, ZHANG Yan¹, FAN Xi¹, CHENG Dawei¹

(1. Tianjin Key Laboratory of Integrated Design and On-line Monitoring for the Light Industry and Food Engineering Machinery and Equipment, College of Mechanical Engineering,

Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China;

2. Tianjin BENEFO Machinery Equipment Group Co., Ltd. Central Academe, Tianjin 300350, China)

Abstract: In order to meet people's emotional needs for outer shield's appearance modeling, representative emotional words were extracted by using mean analysis; the weights for each shape factor were compared by calculating judgment matrix; the relationship between the emotional needs and the outer shield's appearance modeling was also proposed through semantic differential method and orthogonal experiment method. The study results can be used for the design of YK5115, and enhance the level of outer shield's appearance modeling. The analytic hierarchy process was used to evaluate and determine the final design scheme. The actual production according to that final design scheme also verified the research results.

Key words: outer shield's appearance modeling; kansei engineering; semantic differential method; orthogonal experiment method; analytical hierarchy process

装备制造业为国民经济和国防提供生产技术设备, 是制造业的核心组成部分, 是国民经济发展特别是工业发展的基础^[1]. 数控机床作为装备制造业的核心产品, 它的研发水平一定程度上影响到整个制造业, 其中机床外防护造型的感性需求已经影响到机床的市场竞争力, 对机床外防护造型的感性设计研究已经必不可少.

感性工学是一种“将消费者的感性需求转译为

产品设计要素的技术”^[2]. 目前, 感性工学理论在机床外防护造型设计中还很少涉及, 行业应用较少, 缺乏完整性. 本文基于天津第一机床总厂的实际项目, 通过感性研究得到典型感性词、典型机床样本以及感性词与造型因素之间的关系表; 同时, 利用本文成果对 YK5115 型数控插齿机进行应用性设计, 通过设计评价获得最优方案, 从而验证了方案的可行性.

收稿日期: 2015-07-16; 修回日期: 2015-10-02

作者简介: 贺鹏(1988—), 男, 山西临汾人, 硕士研究生; 通信作者: 薛强, 教授, qxue@tust.edu.cn.

1 感性工学研究方法及数据分析

1.1 典型感性词的提取

提取典型感性词是进行感性工学研究的基础,需要系统合理的提取过程才能在机床产品的感性认识中找到这些典型感性词.本文感性词的提取包括感性词的搜集和感性词的分析筛选.

1.1.1 感性词的搜集

主要利用网络、产品样本、口语分析法、头脑风暴法和相关论文进行感性词的初步搜集,得到了200个相关感性词.

1.1.2 感性词的分析筛选

对200个感性词进行整合分析,分析过程分为2步:第1步为聚类分析,首先把相似和相反语义的感性词组成一组,并成对表示,然后对每组进行逐层分析,提炼成一对浓缩词,最终得到42对感性词.第2步为问卷调查和统计分析,问卷调查邀请40人参加,涉及机床有关的各个方面,考虑到机械性感性和美学性感性在机床行业区分明显,采用二分法对42对感性词进行划分,然后进行问卷调查并对所得数据进行频率统计,最终选取机械性感性词为精确的-粗糙的、尖锐的-圆滑的、实用的-无用的;选定美学性感性词为趣味的-寂寥的、大气的-小气的和简洁的-复杂的.

1.2 典型机床样本的选取

典型机床样本的选取是依据造型因素的分类进行的.在充分考虑机床外防护功能的基础上,对各部

分结构进行分析,定性地提取影响机床外防护造型的13个结构部件(造型因素):数控面板、大防护罩体、料门、观察窗、把手、调整门/隔板、维修门/隔板、排屑器罩、电柜罩、散热孔、标识造型、刀库门和起重孔.然而,根据这些造型因素选取的机床样本数目众多;为减少样本数目,有效地提取典型样本,通过以下3个步骤进行处理,最终获得典型机床样本.

1.2.1 对初始样本进行统一化处理

利用网络、机床文件、机床展会和相关论文对机床样本进行初步搜集,得到64个国外机床样本和32个国内机床样本,共96个机床样本.对符合条件的机床样本进行一定的统一化处理:机床角度尽量选用相同的斜右侧,并尽可能多地展示机床的造型细节;由于配色一定程度上会影响产品造型的视觉效果,故使用Photoshop对所有机床样本图像进行去色处理,仅用不同的灰度表示机床配色差异.

1.2.2 提取权重值较高的造型因素并分类

为进一步了解13个造型因素对于整体机床外防护造型的影响,本文采取李克特量表法^[3]确定各造型因素的重要性,其可视化图见图1,其中A和B为任意造型因素.评分采用判断矩阵方法^[4],任意两造型因素的重要性比值数据见表1.

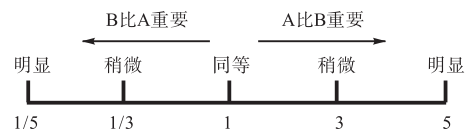


图1 李克特量表法的可视化图

Fig. 1 Visualization of Likert scale

表1 任意两造型因素的重要性比值

Tab. 1 Importance ratio among the shape factors

造型因素 B	造型因素 A												
	大防护罩体	数控面板	料门	观察窗	把手	调整门/隔板	维修门/隔板	排屑器罩	散热孔	刀库门	电柜罩	起重孔	标识造型
大防护罩体	1.00	3.05	2.90	2.70	3.77	3.00	3.06	3.26	3.77	2.65	2.23	3.72	2.54
数控面板	0.33	1.00	3.25	2.95	3.62	3.31	3.26	3.26	3.57	2.59	2.44	3.88	2.54
料门	0.35	0.31	1.00	1.10	1.98	1.77	1.72	1.57	2.39	1.14	1.01	2.49	1.43
观察窗	0.38	0.34	0.92	1.00	2.39	2.24	2.11	2.06	2.44	1.36	1.21	2.49	1.42
把手	0.27	0.28	0.51	0.42	1.00	1.21	0.93	1.29	1.40	0.61	0.91	1.93	0.72
调整门/隔板	0.34	0.31	0.57	0.45	0.83	1.00	1.21	0.95	1.47	0.65	0.74	1.88	0.73
维修门/隔板	0.33	0.31	0.59	0.48	1.08	0.83	1.00	1.16	1.62	0.58	0.78	1.98	0.77
排屑器罩	0.31	0.31	0.64	0.49	0.78	1.06	0.87	1.00	1.57	0.73	0.77	1.88	1.01
散热孔	0.27	0.29	0.42	0.42	0.72	0.69	0.62	0.64	1.00	0.93	1.02	1.57	0.95
刀库门	0.38	0.39	0.89	0.74	1.65	1.56	1.73	1.39	1.08	1.00	1.61	2.80	1.52
电柜罩	0.46	0.42	1.00	0.84	1.11	1.37	1.30	1.32	0.99	0.63	1.00	2.03	1.16
起重孔	0.27	0.26	0.41	0.41	0.52	0.54	0.51	0.54	0.64	0.36	0.50	1.00	0.99
标识造型	0.40	0.40	0.70	0.71	1.41	1.39	1.31	1.00	1.06	0.67	0.87	1.02	1.00

根据判断矩阵的特点,计算矩阵权向量并通过一致性检测方法计算出各造型因素的权重值.计算矩

阵权向量的方法有特征根法、和法、根法和幂法等方法^[4],这里选择和法进行计算,得到各造型因素的权重值见表2.

表2 各造型因素的权重值
Tab.2 Weight of the shape factors

造型因素	权重值	造型因素	权重值
大防护罩体	0.188 8	排屑器罩	0.051 5
数控面板	0.163 5	散热孔	0.044 4
料门	0.080 3	刀库门	0.075 3
观察窗	0.089 2	电柜罩	0.064 2
把手	0.050 5	起重孔	0.033 5
调整门/隔板	0.050 2	标识造型	0.056 9
维修门/隔板	0.051 4		

对于判断矩阵进行一致性检验:阶数为13的随机一致性指标(RI)为1.56^[4],据此可计算得到一致性指标(CI)为0.110 661,一致性比例(CR)为0.070 936.因一致性比例(CR) < 0.1,判断矩阵的一致性可以接受,计算结果合理.最终选出权重值靠前的4个关键造型因素:大防护罩体、数控面板、观察窗和料门.

造型因素在不同的机床外防护造型上表现形式各不相同,通过分析得到4个关键造型因素的分类方式如图2所示.

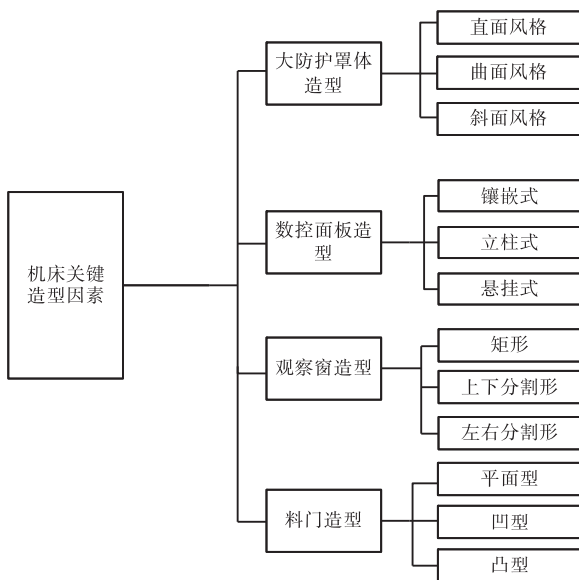


图2 机床关键造型因素分类

Fig.2 Classification of typical factors for machine modelings

1.2.3 提取典型机床样本

如果按照造型因素的分类情况选取典型机床样本,共有81个不同组合,存在数据量大、可操作性不强以及部分组合形式的样本不存在等问题.为减少

样本数目,采用正交试验法^[5]提取典型样本.利用正交设计助手进行试验方案的选择,可得到表3所示的试验方案.

表3 正交试验方案
Tab.3 Orthogonal experiment program

试验序号	因素			
	大防护罩体	数控面板	观察窗	料门
1	1(直面风格)	1(镶嵌式)	1(矩形)	1(平面型)
2	1(直面风格)	2(立柱式)	2(上下矩形分割)	2(凹型)
3	1(直面风格)	3(悬挂式)	3(左右矩形分割)	3(凸型)
4	2(曲面风格)	1(镶嵌式)	2(上下矩形分割)	3(凸型)
5	2(曲面风格)	2(立柱式)	3(左右矩形分割)	1(平面型)
6	2(曲面风格)	3(悬挂式)	1(矩形)	2(凹型)
7	3(斜面风格)	1(镶嵌式)	3(左右矩形分割)	2(凹型)
8	3(斜面风格)	2(立柱式)	1(矩形)	3(凸型)
9	3(斜面风格)	3(悬挂式)	2(上下矩形分割)	1(平面型)

在96个机床样本中选取符合正交试验方案的9个样本,如图3所示.

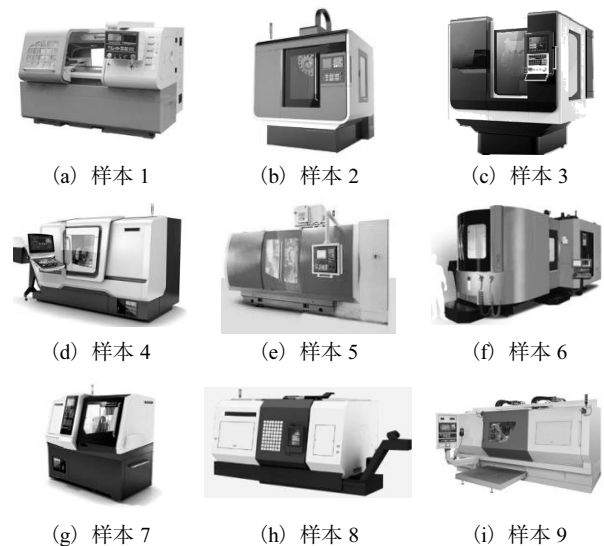


图3 选取的典型机床样本

Fig.3 Selected typical machine samples

1.3 感性词与造型因素间的对应关系

根据语义差分法(SD法)^[6]的基本理论,选取1.1和1.2中提取的6组典型感性词和9个典型机床样本,组成9组7级SD感性量表,用于感性词与造型因素关系的构建,所有样本的SD量表见表4.

表4 样本的SD量表

Tab.4 SD scale of the sample

感性词	感性量分值							感性词
精确的	3	2	1	0	-1	-2	-3	粗糙的
圆滑的	3	2	1	0	-1	-2	-3	尖锐的
实用的	3	2	1	0	-1	-2	-3	无用的
趣味的	3	2	1	0	-1	-2	-3	寂寥的
大气的	3	2	1	0	-1	-2	-3	小气的
简洁的	3	2	1	0	-1	-2	-3	复杂的

使用这些量表制作 SD 问卷调查表,进行典型机床样本的感性评价数据搜集,此次调查邀请了天津第一机床总厂的 40 位专业人员,其中包括机械设计师、机床设计师、机床操作员、机床销售经理以及工业设计师,他们积极配合调查并认真完成了问卷表.所有调查数据真实有效.

以感性词为指标,造型因素为因子,造型因素可取类型为水平,对数据进行因子分析和极差分析.因子取不同水平会导致指标变化,极差越大说明该因子对于该指标影响越大.每个试验根据感性词不同可分为 6 组数据,根据数据可得到各因子在不同水平下的指标平均值及各因子的极差值.因子分析和极差分析数据统计见表 5.

表 5 因子分析和极差分析数据统计表

Tab. 5 Data table of factor analysis and range analysis

指标	平均值和极差	造型因素			
		大防护罩体	数控面板	观察窗	料门
精确的	k_1	2.000	1.200	1.733	0.067
	k_2	0.467	1.150	-0.400	2.200
	k_3	0.733	0.800	1.867	0.933
	R	1.533	0.400	0.667	2.133
圆滑的-尖锐的	k_1	-1.000	-0.467	-0.533	0.533
	k_2	2.067	0.667	0.000	-0.733
	k_3	-0.933	-0.067	0.667	0.333
	R	3.067	1.134	1.200	1.266
实用的	k_1	2.067	1.768	1.467	2.200
	k_2	1.667	1.667	1.667	2.000
	k_3	1.667	1.867	2.267	1.200
	R	0.400	0.200	0.800	1.000
趣味的	k_1	2.600	1.867	1.000	1.267
	k_2	0.933	1.000	1.600	0.733
	k_3	0.467	1.133	1.400	2.000
	R	2.133	0.867	0.600	1.267
大气的	k_1	1.933	0.933	0.800	1.400
	k_2	1.333	0.667	0.800	1.267
	k_3	0.200	1.867	1.867	0.800
	R	1.733	1.200	1.067	0.600
简洁的	k_1	0.600	1.400	1.467	0.600
	k_2	-0.200	0.467	0.400	0.800
	k_3	1.867	0.400	0.400	0.867
	R	2.067	1.000	1.067	0.267

注:表 5 中指标选用感性词对中相对褒义的词,其中“圆滑的-尖锐的”相对机床外防护造型为中性词,故均被选用.

根据表 5 中各因子均值的对比可以得出机床造型因素与感性词对应关系,见表 6.

根据表 5 中各因子的极差值可以得到造型因素对特定感性词的影响程度关系.

精确的:料门>大防护罩体>观察窗>控制

面板;

圆滑的:大防护罩体>料门>观察窗>控制面板;

尖锐的:大防护罩体>料门>观察窗>控制面板;

实用的:料门>观察窗>大防护罩体>控制面板;

趣味的:大防护罩体>料门>控制面板>观察窗;

大气的:大防护罩体>控制面板>观察窗>料门;

简洁的:大防护罩体>观察窗>控制面板>料门.

表 6 机床造型因素与感性词对应关系

Tab. 6 Correspondence between style factors and emotional words

感性诉求	大防护罩体			数控面板			观察窗			料门		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
精确的	○				○					○		○
圆滑的		○			○					○	○	
尖锐的	○				○			○				○
实用的	○					○				○	○	
趣味的	○				○			○				○
大气的	○					○				○	○	
简洁的			○	○				○				○

注:“○”表示在某感性诉求下造型因素的编号选择,各造型因素的编号代表含义见表 3.

2 案例验证

对 YK5115 型数控插齿机外防护造型进行感性设计,需要确定最佳感性词,设计选用问卷调查中得分最高的感性词“趣味的”进行方案的选择和设计.根据表 7 选取各造型因素具体造型并进行组合,获得总体组合方案后对设计方案进行草图绘制,具体方案如图 4 所示.

对方案的评估不能单纯根据个人喜好进行,为增加选择的合理性,采用了层次分析评价法^[7].层次分析法的构建层次模型如图 5 所示.

通过借助层次分析法辅助软件 YAAHP 对方案数据进行分析,得到各方案的权向量为 $W = (0.2846, 0.4604, 0.2551)$,并且各层符合一致性要求,最终选取方案二为最佳方案.根据委托方的意见和国内实际现状对方案进行适当的修改,得到最终效果和实物如图 6 所示.

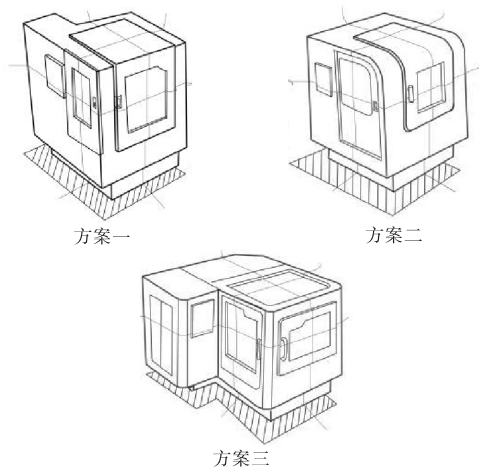


图4 YK5115型数控插齿机的三套方案设计
Fig. 4 The three schemes of YK5115

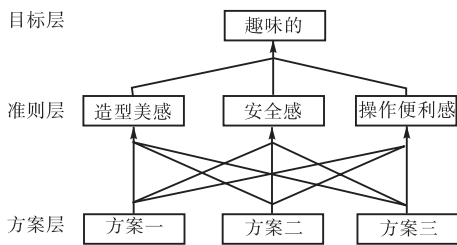


图5 评估层次模型
Fig. 5 The hierarchical model



(a) 效果图



(b) 实物图

图6 YK5115型数控插齿机外防护效果和实物图
Fig. 6 The rendering and real figure of YK5115

3 结 语

本文通过均值分析法提取出“精确的-粗糙的”、“尖锐的-圆滑的”、“实用的-无用的”、“趣味的-寂寥的”、“大气的-小气的”和“简洁的-复杂的”这6组影响机床的权重较大的感性词,通过判断矩阵对造型因素进行分析得出各造型因素的权重值,其中关键造型因素为大防护罩体、数控面板、观察窗和料门,研究结果对机床外防护设计时的感性把握和关键造型因素的确定有一定的参考价值.通过SD问卷调查和正交试验法得到了典型感性词与造型因素关系表,由关系表可得到感性词对应各造型因素影响程度关系及选择类型,可用于指导实际方案设计.通过对YK5115型数控插齿机进行外防护造型设计,采用层次分析评价法对方案进行评价,验证了本文研究成果,此过程对设计方案的决策有一定的参考价值.

参考文献:

- [1] 谭建荣,张树有,徐敬华. 制造装备创新设计的科学问题探讨[J]. 机械工程师,2014(5):1-9.
- [2] Yamamoto K. Kansei Engineering: The Art of Automotive Development at Mazda[M]. Ann Arbor: The University of Michigan, 1986: 1-24.
- [3] Hartley J. Some thoughts on Likert-type scales[J]. International Journal of Clinical and Health Psychology, 2014, 14(1): 83-86.
- [4] 李洵,吴美云,周小建. 线性代数[M]. 北京:机械工业出版社,2010.
- [5] 占园. 正交试验与 AHP 评价在健身车感性设计中的应用研究[D]. 秦皇岛:燕山大学,2013.
- [6] Huang Y X, Chen C H, Li P K. Products classification in emotional design using a basic-emotion based semantic differential method[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2012, 42(6): 569-580.
- [7] 王秀杰. 柳州汽车零部件产品的优先发展序列研究: 基于 AHP 的 Yaahp 软件实现[J]. 广西工学院学报, 2008, 19(1): 46-50.

责任编辑:常涛