

# 航空机床产品的形态语意获取及表达空间

## Semantics Research and Semantic Space Building Method of Aviation Machine Form

西北工业大学机电学院工业设计研究所 于明玖 张青 余隋怀

**[摘要]** 以航空机床产品为对象,研究其形态构成元素及其语意特点,对50个航空机床形态样本进行实验测试,得到其语意的7级语意隶属度,然后通过语意公式计算和数据统计规则推理得出试验样本的语意评价结果,在此基础上构建航空机床产品的形态语意空间。

**关键词:** 航空机床 形态语意 语意空间 语意隶属度

**[ABSTRACT]** The form elements and their semantic characteristics of aviation machine are researched, 50 aviation machine form samples are tested to get their seven semantics affiliation grade, and then the aviation machine form semantics evaluation results are drawn by semantic formulas and statistical rules based on the inference of experimental samples, at last aviation machine form semantic space is built.

**Keywords:** Aviation machine Form semantics Semantic space Semantic affiliation grade

航空机床作为航空产品的加工设备,不仅性能受到人们的重视,其造型的美观性也越来越引起机床设计师以及用户的关注。在影响航空机床的造型美观性因素中,形态起着决定性的因素,此外形态还与结构密切相连,面型流畅的形态往往也是设计合理结构的基础。

形态是指一种物质或结构的外表所提供的因素,即事物在一定条件下的表现形式及其组成形式,是可以被视觉感知的具有一定抽象和具象概念的客观形象。在工业设计范畴,形态被认为是产品色彩、人机性能依附的主体,是工业设计中最重要因素<sup>[1]</sup>。形态设计是指设计师根据客户需求制定设计目标(通常以形态的语意风格来描述),并按照一定的规则、要求对形态要素进行组合操作的设计行为。

## 1 航空机床形态构成元素的语意

### 1.1 形态语意

形态设计首先要满足产品的功能、结构需要,同时通过造型的形状、尺寸、比例、层次关系及细节表现等施加心理影响,让用户产生形体美、安全、归属、成就、亲切

等感觉,此外通过其象征功能使人产生愉悦、轻松等不同的心理感知。

通常航空机床的三维形体一般由基本空间几何元素——点、线、面、体等根据特定的方式组合而成,在人的视知觉上形成具体的形状认知。机床形态的风格与其构成元素的知觉意象有关,了解形态构成元素的知觉感是研究其形态语意的基础。表1列出了基本空间几何元素的知觉意象<sup>[2-3]</sup>。

表1 基本空间几何元素的感知意象

几何元素类型	知觉意象
单点	具有张力,扩张感
连续的点	呈现方向感和流动感,具有线的感觉
直线	静止,简单,直率 粗直线——钝重粗笨 细直线——秀丽、敏锐、神经质 垂直线——严肃、庄重、强直 水平线——静止、安定、平和、疲劳 斜线——飞跃、动感、冲刺
曲线	几何曲线——女性美、动力、弹力、柔软、优雅 自由曲线——自由、优雅、自然、弹性
直边型平面	男性性格,简洁、安定、有序
几何曲面	严谨、弹性、可爱、呆板
自由曲面	自然、流动、活泼、有人情味
平面立体	男性化的、坚硬、棱角、笨重、几何的、危险
几何曲面立体	女性化的、准确、弹性、可爱
自由曲面立体	自然、流动、柔和、活泼、有人情味

产品形态往往是多个空间元素的组合体,其形态语意不仅取决于所包含的各几何元素的知觉意象,也受到这些几何要素布局关系的影响。此外产品形态设计必须保证其中元素的知觉意象应统一或协调,最大限度地减少冲突和矛盾,这也是形态设计中的约束原则之一。

## 2 航空机床产品形态语意获取

不同产品对应的语意表达往往有所差异。本文以航空数控机床这一典型机电产品为研究对象,经过筛选和分析,选定“单一的——复合的”,“简洁的——复杂的”,“轻巧的——笨重的”,“几何的——仿生的”,“柔软的——刚硬的”,“活泼的——呆板的”6组典型的风格

词对来描述航空机床产品形态。“风格词对”即具有相反意思表达的一对形容词。这些词对分别从产品形态的构成方式、复杂程度、体量感、形状风格心理和情感舒适度等不同角度描述了产品形态的知觉形象<sup>[4]</sup>。

获取形态语意表征是建立形态语意空间的基础。本文以30名工业设计专业本科生为测试者,通过试验测试软件为测试平台,以代表性的50张典型航空数控机床图片作为测试对象(考虑到要将其他因素的影响降至最小,因此选择近似角度的机床图片,并将所有图片颜色设为灰度色),通过测试来获取大众对形态风格语意的认知,同时探索各种语意所对应形态元素特征。

测试试验(见图1)项目分6组,即“单一的——复合的”,“简洁的——复杂的”,“轻巧的——笨重的”,“几何的——仿生的”,“柔软的——刚硬的”,“活泼的——呆板的”。为了在测试中体现语意强弱的微小差异,每个测试项可以构成独立的语意轴,定义7级语意强度。以“轻巧的——笨重的”为例,7级语意分别为“极轻巧的,很轻巧的,比较轻巧的,适中,比较笨重的,很笨重的,极笨重的”。同时为了便于精确描述以及数据处理,将7级语意强度对“轻巧的”语意进行隶属度赋值,分别为(1,0.85,0.7,0.5,0.3,0.15,0)(见图2)。



图1 形态语意测试界面  
Fig.1 Form semantic test interface

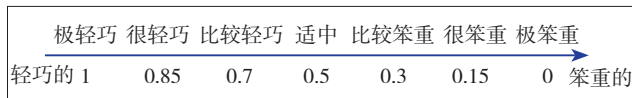


图2 “轻巧的——笨重的”语意隶属度赋值  
Fig.2 “Light - heavy” semantic degree of membership value

测试结果反映了大众对于某些形态因素的知觉感,一般具有共性,但由于存在个体的差异性,不同的人对其语意强弱的理解不同,必然导致实验结果不完全一致,必须对其进行处理,舍去小部分的特异值,得到真实反映大众认知的数据。

公式(1)表示第*i* (*i* = 1,2,3, ..., 30)个评价者对50张样本各6个语意轴的测试结果,其中 $p_{j,n}^i$ 表示该评

价者对第*j* (*j* = 1,2,3, ..., 50)张样本第*n* (*n* = 1,2,3, ..., 6)个语意轴的评价结果<sup>[5-6]</sup>。

$$\begin{pmatrix} p_{1,1}^i & p_{1,2}^i & \cdots & p_{1,6}^i \\ p_{2,1}^i & p_{2,2}^i & \cdots & p_{2,6}^i \\ \cdots & \cdots & p_{j,n}^i & \cdots \\ p_{50,1}^i & \cdots & \cdots & p_{50,6}^i \end{pmatrix} \quad (1)$$

同理,30个参试者对第*j*张样本第*n*个语意轴的评价结果的集合为:

$$(p_{j,n}^1, p_{j,n}^2, \cdots, p_{j,n}^i, \cdots, p_{j,n}^{30})$$

测试过程要求参试者在每个语意轴的7个隶属度值中进行投票,然后统计出能代表大多数人知觉感的语意表述。由于模糊集合的非精确性质,预先设定的7级隶属度能够涵盖人们描述某种知觉意象的微小差异,因此最终的结果仍然应该取序列(1,0.85,0.7,0.5,0.3,0.15,0)中的数值。定义集合:

$$Y_{j,n} = (y_{j,n}^1, y_{j,n}^2, \cdots, y_{j,n}^7)$$

$Y_{j,n}$ 表示所有参试者对第*j*张样本的第*n*个语意轴评价结果的统计。其中的每一项对应选择(1,0.85,0.7,0.5,0.3,0.15,0)中各数值的参试者人数。例如,在30个参试者中,对第*j*张样本第*n*个语意轴评价为0.85的有19人,则 $y_{j,n}^2 = 19$ 。

投票结果的统计规则见图3。统计规则表明,在所有投票者对某一样本的同—语意打分时,如果有20人以上选择了相同的隶属度数值,则该值即为结果,否则就需要进行数据计算。

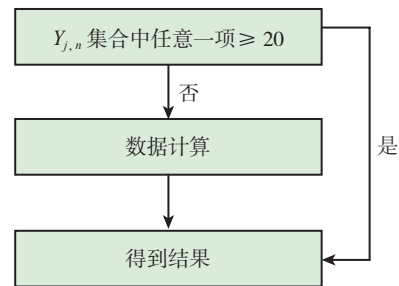


图3 统计规则  
Fig.3 Statistic rule

数据计算方法如下:

(1)计算数据的均值。

$$\bar{P}_{j,n} = \left( \sum_{i=1}^{30} P_{j,n}^i \right) / 30 \quad (2)$$

该公式表示第*j*张样本的第*n*个语意轴评价结果的均值。

(2)计算中位数。

将集合( $p_{j,n}^1, p_{j,n}^2, \cdots, p_{j,n}^i, \cdots, p_{j,n}^{30}$ )中的数值按由小到

大的次序重新编号排列为:

$$p_{jn}^{(1)} \leq p_{jn}^{(2)} \leq \dots \leq p_{jn}^{(30)} \quad (3)$$

得统计量的中位数  $Me$  为:

$$Me = \frac{1}{2} (p_{jn}^{(15)} + p_{jn}^{(16)}) \quad (4)$$

(3)两种方法的比较与综合。

集合 $(p_{jn}^1, p_{jn}^2, \dots, p_{jn}^i, \dots, p_{jn}^{30})$ 中的数值近似服从正态分布。总是有大部分的取值集中在某一隶属度值附近,而少量数据分布在其两侧,即由于个体认知的差异有一些参试者打分偏低或偏高。当统计数据服从正态分布时,样本均值和中位数都能够基本反映集中取值的范围,二者取值相近,但是中位数方法比样本均值更加适用于语意结果的获取。

首先,样本均值受到异常极值的影响较大,而中位数不受影响。其次,样本均值是将所有人对同一样本的同语意轴的评分算术平均,其数值一般无法与7个隶属度值吻合,仍然无法获得对应的语意表述。而中位数来自于统计数据集中的数值,直接对应该项目的7级语意强度,因此便于获取样本语意。根据计算结果仍要对应7个隶属度值的原则,修正中位数公式为:

$$Me = \begin{cases} p_{jn}^{(15)}, p_{jn}^{(16)} & p_{jn}^{(15)} = p_{jn}^{(16)} \\ p_{jn}^{(15)} & p_{jn}^{(15)} \neq p_{jn}^{(16)}, \text{且 } \overline{p_{jn}} \leq p_{jn}^{(15)} \\ p_{jn}^{(16)} & p_{jn}^{(15)} \neq p_{jn}^{(16)}, \text{且 } \overline{p_{jn}} \geq p_{jn}^{(16)} \end{cases} \quad (5)$$

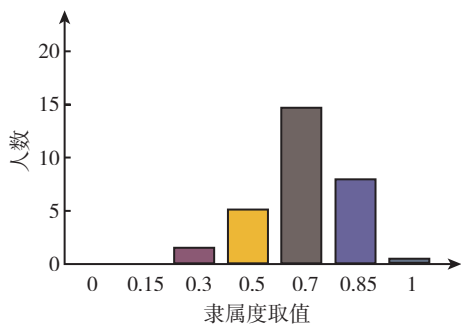


图4 “轻巧的——笨重的”语意轴测试统计  
Fig.4 “Light – heavy” semantic axis test result

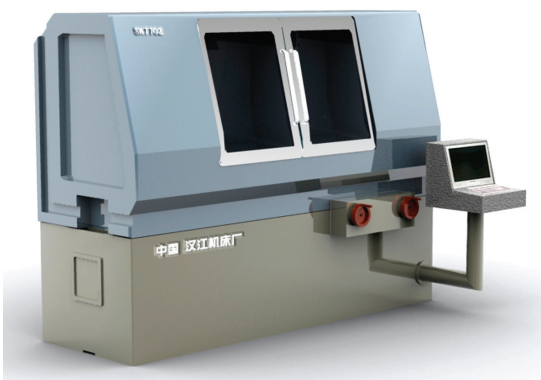


图5 样本12  
Fig.5 Sample 12

图4显示了通过试验所得到的样本12(见图5)关于“轻巧的——笨重的”语意轴测试数据统计。集合: $Y_{12,3}=[1 \ 8 \ 14 \ 5 \ 2 \ 0 \ 0]$ 由次序统计量得 $p_{123}^{(15)} = p_{123}^{(16)} = 0.7$ ,同理得到样本3的6项语意评价结果见表2。

表2 样本12的语意评价结果

测试项	隶属度评价结果
单一的——复合的	0.7
简洁的——复杂的	0.7
轻巧的——笨重的	0.7
几何的——仿生的	0.85
柔软的——刚硬的	0.15
活泼的——呆板的	0.3

### 3 航空机床产品形态语意空间

根据形态语意获取试验结果,将测试样本分类和定位,建立多层次的航空机床产品形态语意空间(图6)。



图6 航空机床形态语意空间  
Fig.6 Semantic space of aviation machine form

由于所有测试样本在6个语意轴上都得到了评价结果,因此可以将所有样本根据其隶属度评价值在任意一个语意轴上定位,从而研究其对应的形态要素特征。以“轻巧的——笨重的”语意轴为例,根据50个样本在该测试项上的评分,可以以同样方法建立该语意或其他语意的一维形态语意空间。(下转第121页)

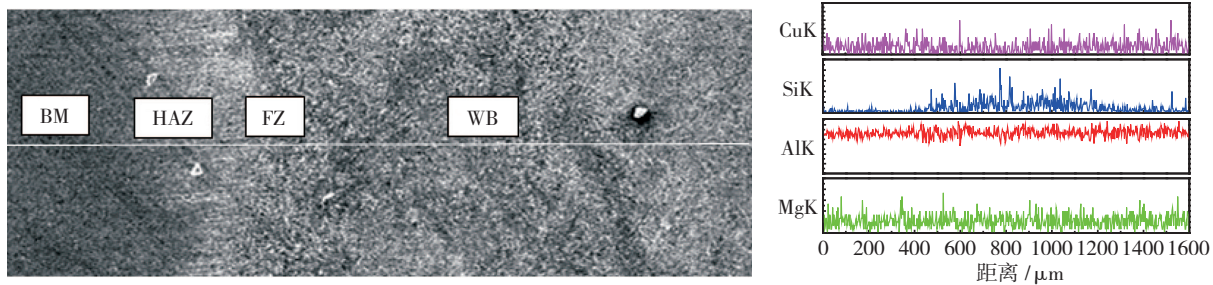


图5 焊接接头ESEM能谱线扫位置与谱线图

Fig.5 ESEM line scanning position and spectral line diagram of welding joint

晶体中的硅就会使得 Si 的含量就会下降。

元素含量的变化在一定程度上也反映显微组织的变化。从结晶学的角度分析,较理想的状态是溶质元素均匀地分布在固溶体之上,这种形态的显微组织是均匀的,此时的力学性能才是最好的。由于焊接成形过程的特殊性,使得各元素的含量一定存在着某种程度的偏析,偏析容易形成缺陷,成为焊接接头的薄弱环节,拉伸断裂往往断裂于此,因此,成分分布状态和接头性能是存在一定关系的。不过从本文扫描结果来看,焊缝偏析现象不明显,只有 Si 元素存在一定的偏析现象。

#### 4 结论

本文针对某一新型铝合金 T 形结构双激光束双侧同步焊接接头的微观组织进行了分析。初步得出如下结论:

(1) 通过金相观察,焊缝中不同区域组织形态特征明显,且与母材组织有显著差别。

(2) 接头存在两个明显的熔合区,且两个熔合区组织性能有差异。

(3) 从线扫描结果看出 Al、Cu、Mg 元素在接头区域内变化比较均匀, Si 元素在焊缝中略有增加。

(4) 初步研究表明,本文所研究的新型铝合金对激光深熔焊接具有较好的工艺适应性,但对于蒙皮桁条 T 形连接结构的双激光束双侧同步焊接,还有诸多问题有待深入研究。

#### 参考文献

- [1] Norris I. Laser welding developments. *Welding Review*, 1998(4): 20-22.
- [2] 肖荣诗,陈铠,左铁钊. 高强铝合金激光焊接新进展. *应用激光*, 2002, 22(2): 206-208.
- [3] 陈彦宾. 现代激光焊接技术. 北京: 科学技术出版社, 2005.
- [4] 周万盛,姚君山. 铝及铝合金的焊接. 北京: 机械工业出版社, 2006: 272-182.
- [5] 张志勇,田志凌,彭云. 铝合金先进焊接工艺. *焊接*, 2003(7): 5-9.
- [6] 杜汉斌,胡伦骥,胡席远. 激光填丝焊技术. *航空制造技术*, 2002(11): 60-63.

(责编 深蓝)

(上接第 114 页)

#### 参考文献

- [1] 张小明. 钛及钛合金的焊接. *稀有金属快报*, 2005(5): 17-20.
- [2] 董宝明,郭德伦,张田仓. 钛合金焊接结构在先进飞机制造中的应用与发展 [A]// 航空、航天焊接国际论坛论文集 [C], 2004, 447-453.
- [3] 《中国航空材料手册》编辑委员会. 中国航空材料手册 (4 卷). 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [4] 周琦,刘方军,关桥. 电子束流的动态焦点和深穿极值效应. *焊接学报*, 2004(4): 19-23.
- [5] 胡礼木. TC4 钛合金电子束焊接接头的性能研究. *陕西工学院学报*, 1997, 13(4): 43-47.

(责编 亦非)

(上接第 117 页)

#### 4 结束语

本文以航空机床产品为例,研究其形态元素及其语意特征,并通过实验测试获得机床的语意认知集合,根据统计规则和推理公式推导出机床样本的形态语意特征,在此基础上构建了机床形态的形态语意空间,这不仅可以帮助设计师快速定位设计方向,同时也利于设计师了解用户的需求。这种语意空间的构建方法也可推广应用到其他产品的形态语意研究中去。

#### 参考文献

- [1] 高敏,谢庆森. 工业艺术造型设计. 北京: 机械工业出版社, 1992.
- [2] 余隋怀,苟秉宸,于明玖. 设计数学基础. 北京: 北京理工大学出版社, 2004.
- [3] 陈慎任. 设计形态语意学. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [4] Chan C S. An examination of the forces that generate a style. *Design Studies*, 2001, 22 (4): 319-346.
- [5] 盛骤. 概率论与数理统计 (第三版). 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [6] 陈水利,李敬功,王向公. 模糊集理论及其应用. 北京: 科学出版社, 2006.

(责编 小城)