

# 产品造型设计中的用户知识与设计知识研究

罗仕鉴<sup>1</sup> 朱上上<sup>2</sup> 孙守迁<sup>1</sup> 唐明晰<sup>3</sup> 潘云鹤<sup>1</sup>

1. 浙江大学计算机学院, 杭州, 310027

2. 浙江工业大学艺术学院, 杭州, 310032

3. 香港理工大学设计技术研究中心, 香港



罗仕鉴 讲师

**摘要:** 从工业设计出发, 讨论了用户内隐知识与设计知识的关系, 建立了用户知识与设计知识的匹配与碰撞模型, 探讨了其关键技术和研究方法。以数控机床造型设计为例, 采用口语分析法和语义差异法等方法分析了用户知识与设计知识的获取及表征形式, 将内隐知识外显化, 验证了该匹配模型, 为进一步完善计算机辅助工业设计及数控机床网络化协同设计奠定基础。

**关键词:** 产品造型设计; 外显知识; 内隐知识; 设计知识; 口语分析; 语义差异

**中图分类号:** TH166      **文章编号:** 1004-132X(2004)08-0709-04

## Case Study on User Knowledge and Design Knowledge in Product Form Design

Luo Shijian<sup>1</sup> Zhu Shangshang<sup>2</sup> Sun Shouqian<sup>1</sup> Tang Mingxi<sup>3</sup> Pan Yunhe<sup>1</sup>

1. Zhejiang University, Hangzhou, 310027

2. Zhejiang University of Technology, Hangzhou, 310032

3. Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong

**Abstract:** From industrial design, the user implicit knowledge and design knowledge were explored, the matching model of user knowledge and design knowledge was put forward, and the key technologies and methods were discussed. Taking the numerical controlled machine tool form design as an example, protocol analysis and semantic differential method etc. were adopted to analyze the acquisition and representation of user knowledge and design knowledge, manifest the implicit knowledge and test the model so as to further improve computer-aided industrial design and the collaborative cyber-design system of numerical controlled machine tool.

**Key words:** product form design; explicit knowledge; implicit knowledge; design knowledge; protocol analysis; semantic differential

## 0 引言

随着工业设计的不断发展, 曾经以技术为主题的设计, 转向以用户为中心、以技术为客体的设计。有效地获取和理解用户需求, 并在设计描述中准确地定义产品需求信息, 是在当今激烈竞争的全球化市场环境中产品设计成功的必要前提<sup>[1]</sup>。因此研究用户知识, 规范设计知识使之与用户知识相匹配, 以使用户能够更好地认知产品已经成为新一代产品设计研究的趋势。根据获取途径, 可以将知识分为“外显性知识”(explicit knowledge)和“内隐性知识”(implicit knowledge)<sup>[2]</sup>。外显性知识是可以诉诸文字、图像、声音等并可以传授给他人的技能和客观事实; 内隐

性知识是人类所拥有却无法轻易描述的技能、判断和直觉, 如洞察力、灵感、视觉感受、经验等, 这类知识带有主观性、随意性和模糊性, 将其概念化地表示出来是知识建模的难点和关键。

为研究内隐知识, Osgood等<sup>[3]</sup>提出的语义差异(semantic differential)法是一个常用的方法, 它通过学习对象(包括产品外形、色彩等)的语义, 将用户的内隐知识反应在Likert量表上, 然后运用统计的方法分析其规律。Maurer等<sup>[4]</sup>运用这一方法研究了人们对家具造型设计的认知特征; Espe等<sup>[5]</sup>研究了手表造型设计的认知特征; Hsu等<sup>[6]</sup>通过电话机造型分析了用户与设计师认知之间的差别; 朱上上等<sup>[7]</sup>运用意象尺度(image scale)方法研究了数控机床造型设计的认知特征。另外, 也有人通过感性工学(Kansei Engineering)<sup>[8]</sup>的方法研究用户对产品的内隐性认知, 并将这些认知特征转化成新产品的要素, 然后通过综合分析得出新的产品设计方案。

收稿日期: 2003-08-13      修回日期: 2003-11-03

基金项目: 国家 863 高技术研究发展计划资助项目(2002AA411110); 国家重点基础研究发展规划资助项目(2002CB312106); 浙江省自然科学基金项目资助(M603059)

## 1 用户内隐知识与设计知识描述

### 1.1 用户内隐知识描述

用户具有自己特有的内隐知识。用户在认知产品之前,通常在大脑中会形成对产品的一种“印象”,如“它应该有哪些功能”、“它看起来像什么”等诸如 4W 1H (what、when、who、where、how) 问题。这些“印象”通常是建立在用户过去使用同类产品或产品广告之上的,并存储在记忆中。当受到刺激时,就会将这些“印象”提取出来与看到的产品或设计方案进行认知比较。用户对产品的认知过程,实质上是一个选择、比较、过滤、提取的信息加工过程<sup>[9]</sup>。

在接受产品的信息之后,用户通常会在此基础上进行推断性思维,产生一些额外的认识。用户常常会通过“这种产品像什么”、“这种产品怎么样”等带有隐喻和推理色彩的方式去认知产品,并且总是借助一定的抽象形容词,如“方便的”、“现代的”、“休闲的”、“高贵的”等来描述他们的认知。因此,怎样抓住用户的内隐知识,如感觉和情绪,并能够将这些信息转化为适当的设计元素,运用隐喻和推理的原理传递产品信息,已引起产品设计研究者的极大兴趣。

### 1.2 设计知识描述

现代信息论认为,一件产品所要传达的信息可分为三类:①“符号信息”,传达关于产品本身,如产品的功能、特性、性能、结构、材料以及产品各部分之间的联系等;②“语义信息”,描述产品的外延,包括特定的社会价值、文化内涵等;③“表现信息”,包括产品所要表达的情绪与情感等。

同样,设计师具有自己的设计知识。设计师结合设计目标(用户需求),将构思转化成产品形式(包括符号信息、语义信息和表现信息等),给用户一种诱导。用户根据自己的需求及所具有的知识,借助以前接触过的或者想象的产品形式,以联想的方式与设计师的设计知识交互。当这种交互达到与某种期望一致或耦合时,则这一设计就满足用户的要求;当交互不能与期望一致时,就达不到用户的满意度,需进行修改或重新设计。

在工业设计过程中,图形化信息(概念草图、效果图等)既是交流的媒介又是用户选择、评价设计质量的工具,是设计知识的显性化描述。而设计师所拥有但却无法轻易描述的洞察力、灵感、视觉感受(如美感、秩序感)、经验等,尤其是对产品外观美感的创造能力,常常深藏于设计师个人头脑之中,它们只有通过线条、色彩、体面等视觉符

号表达出来后才可以被人们所认知,是工业设计的内隐知识。如何通过设计媒介(如产品)和设计手段(如 CAD、CAID),将这一类设计知识表述出来,并且与用户知识达到匹配,是工业设计研究领域的一个难点。

## 2 用户知识与设计知识的匹配与碰撞模型

在实际设计过程中,由于各种因素的制约,使得设计师在了解设计任务之后,往往停留在用户显性知识的分析层面,而很少去研究用户的内隐知识,或者研究与设计脱节,致使设计方案要经过多次与用户讨论后才能通过,延误了产品设计的时间。因此,有必要在设计开始之前,对用户的内隐知识进行研究,规范设计知识并使之与用户知识相匹配,使得设计方案获得“一次成功”。根据以上描述,本文提出了如图 1 所示的用户知识与设计知识之间的匹配与碰撞模型。

其 BNF 定义如下:

设计知识::= $\langle$ 符号信息 $\rangle$  $\langle$ 语义信息 $\rangle$  $\langle$ 表现信息 $\rangle$   
 用户知识::= $\langle$ 外显知识 $\rangle$  $\langle$ 内隐知识 $\rangle$   
 匹配手段::= $\langle$ 人机工程 $\rangle$  $\langle$ 试验方法 $\rangle$  $\langle$ 工程知识 $\rangle$   
 $\langle$ ...

设计知识= Extract(设计思维)

用户知识= Extract(用户知识描述)

认知匹配= Match(满足度, 用户知识, 设计知识)

## 3 关键技术和研究方法

### 3.1 用户内隐知识的获取与表征

内隐知识是意会性知识,难以编码和度量,并且是在不断演变的,或以数据、信息的形式无序地存放在某些地方,需要人们的相互交流、相互刺激,需要对数据库和知识库的挖掘,对分散的知识进行集成,才能产生新的知识。

用户的内隐知识可以通过问卷、访谈、口语分析<sup>[10]</sup>、语义差异法、临场绘制、主成分分析、聚类分析、多维尺度分析等综合方法获取和表征。

### 3.2 设计知识的组织、传递和运用

研究设计领域知识的基本结构和设计师的思维特点,以及产品所蕴涵的知识的计算机理解过程,建立符合设计过程特点的设计知识表示模型。

产品造型设计,就是对产品的造型要素(符号信息、语义信息和表现信息)进行编码。设计师凭借自己的内隐知识、已有的领域知识和设计知识库等,通过其情感理解、文化内涵融入以及与实用功能、技术的结合,借助一些视觉符号的组合来表述设计的实质内涵,使产品具有美感、识别性与可

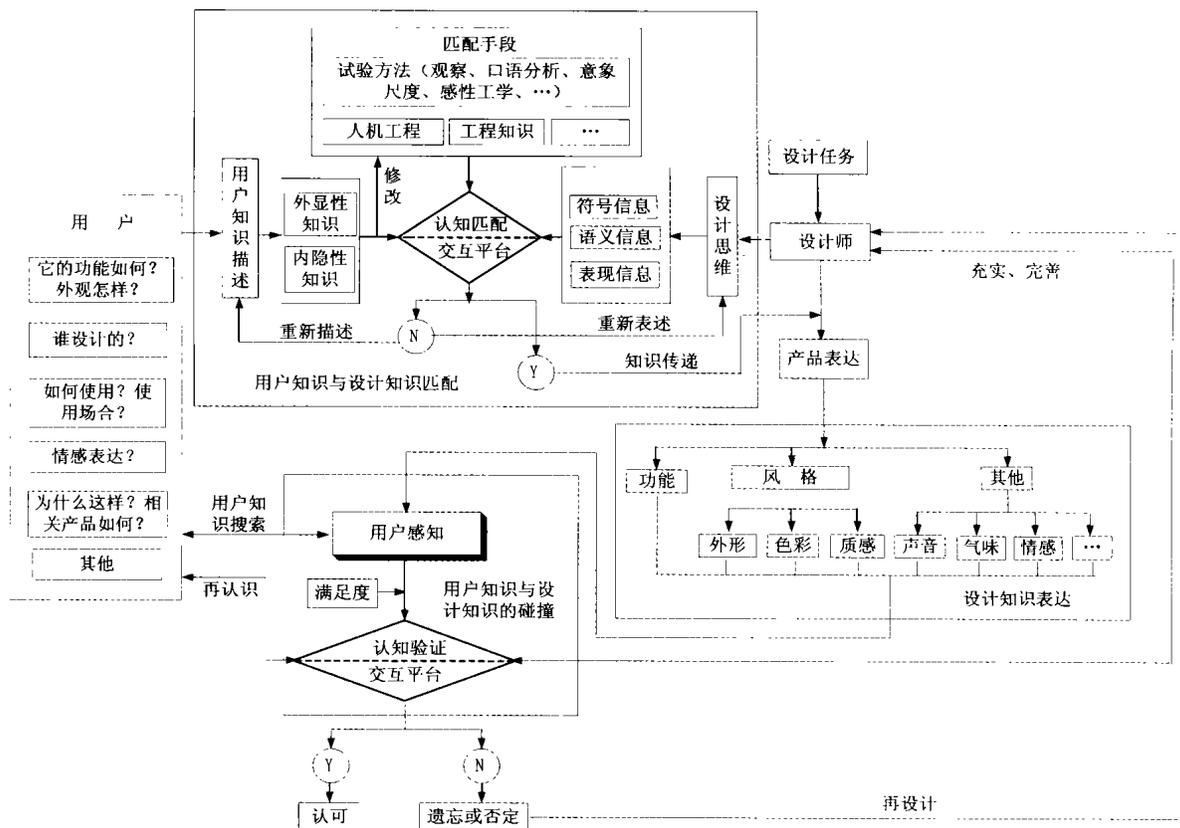


图1 用户知识与设计知识匹配与碰撞模型

操作性；并且运用“明喻”、“暗喻”、“联想”、“类比”、“综合”等手法帮助用户认识、学习、操作不熟悉的产品，包括产品的外形、色彩、质感、声音、气味以及所处的环境等<sup>9</sup>。在此过程中，我们同样可以运用访谈、观察、语义差异法、口语分析等，研究设计师的思维特点和表现方法，将其内隐知识外显化和转移（共同化、外化、结合、内化），形成图片、文字、表格、模型等<sup>11]</sup>，建立设计知识库，发现其创新设计规律；计算机支撑工具（如 CAX、DFX、CAID 等）要符合设计师使用习惯，建立设计知识表示模型，将设计结果形式化和规范化，使得设计知识得以组织、传递和运用，与工艺规划、生产制造结合起来。

### 3.3 认知匹配满意度

研究认知匹配过程中的物理特征和抽象特征，建立认知满意度模型。物理特征是指产品的基本功能，它决定了产品的质量和性能；抽象特征则指产品的辅助性能，即其外观所传达的含义和体现的价值，如产品外形、风格、色彩需求等。

## 4 实例研究

本文以国家项目中某一客户所要求的数控机床造型设计为例，探讨用户知识与设计知识的匹配关系。

### 4.1 用户内隐知识的获取

本文研究采用口语分析法来获取用户的内隐知识。相关研究方法和过程参见文献[12]。

从客户中选择具有代表性的5位男士和5位女士作为被试者，涉及管理、营销、设计、工程等领域。试验目的是让被试者描述客户要求设计的机床造型。在试验前主试向各位被试者介绍试验的目的；运用已有的机床样本、图片案例，向被试者解释语义与产品外形之间的关系。试验时，记录员仔细记录被试者的口语报告和动作；不对被试者进行任何思维活动上的引导和干涉；在被试者沉默或遇到障碍时给以必要的不带指向性的帮助，保证试验顺利进行。

根据被试者的口语报告，可以将用户对自己需求的产品外形认知概括为“现代的”、“简洁的”、“整体的”、“和谐的”等语义。

### 4.2 设计知识的表征

本研究采用美国心理学家 Osgood 等<sup>[3]</sup>开发的“语义差异法”，用“暖的一冷的”这样相对的形容词来表示一个心理连续量，采用7点心理测量量表，并应用多元分析中的主成分分析法来进行研究。具体论述见文献[7]。

根据用户需求，结合国际机床设计样本，设计了30种外观造型方案，全部以中性色调显示，只

研究外形, 消除色彩对被试者的影响。选择 5 位资深设计师作为被试者。从评价因子、潜力因子和活动因子出发, 选取 15 对反义语义形容词, 代表肯定意义的词语放在心理测量量表的左侧, 其对应的代表否定意义的词语放在心理测量量表的右侧, 量表上的分数从左到右为 6~0 分。

将样本方案依次投射在白色墙上, 被试者根据设计样本, 结合心理测量量表进行计分。测试完毕后, 取 5 个被试者统计值的平均值, 利用计算机进行数理统计, 得到累积特征值。在计算机多元分析过程中输入数值 0~6 即可得到二维坐标值, 根据坐标值得到见图 2 所示的数控机床试验样本意象尺度分布图。

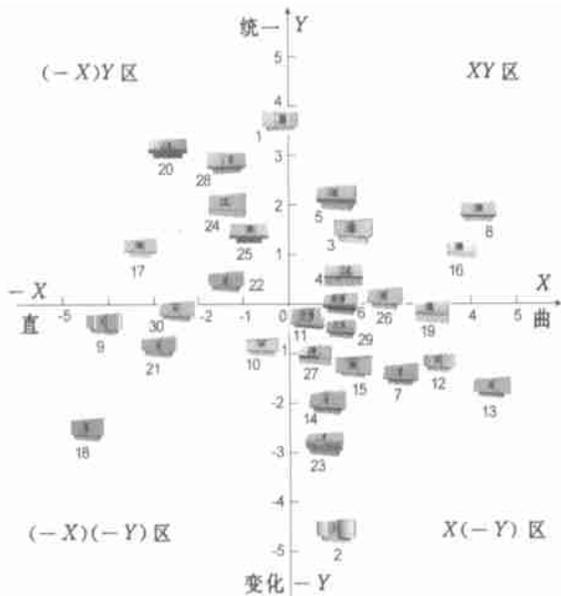


图 2 数控机床试验样本意象尺度分布图

根据上述分布图方案, 可以用“统一—变化”、“直—曲”来概括方案造型分布特色。

4.3 用户评价

当 30 个方案设计完成后, 将所有方案交给客户评价和选择。要求客户挑选出 5 个较合适的方案, 结果见图 3。

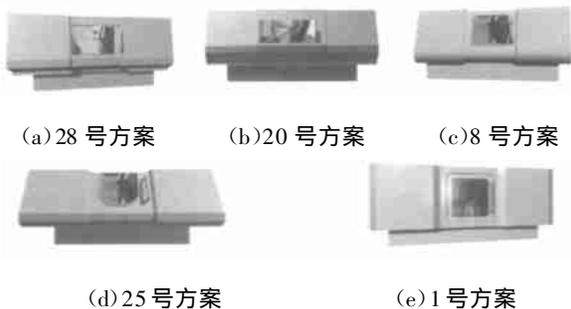


图 3 数控机床外形方案

者根据自己的要求对选中的 5 个方案按照 10 分制打分, 统计结果见表 1。

表 1 所选方案的优先顺序

编号	28	20	8	25	1
得分	90	76	68	46	23

根据实际制造工艺水平以及外观等因素, 客户最终选择了第 28 号方案。

4.4 特征分析

根据用户对方案的评价和选择, 对照数控机床试验样本意象尺度分布图, 我们发现, 用户所选择的 5 个方案都分布在 Y 轴上方, 属于造型较统一的范畴。其中, 有 4 个属于 (-X)Y 区间 (占 80%), 即“直—统一”区间; 1 个分布在 XY 区间 (占 20%), 即“曲—统一”区间。在 (-X)Y 区间中, 这些机床的外形设计均以直线构成, 造型简洁, 变化比较统一, 在体量感上统一、和谐, 制作工艺不复杂。造型设计符合用户初期的要求和内隐知识表达, 验证了用户知识与设计知识的匹配性。

5 结论

(1) 在产品造型设计之前, 研究用户的内隐知识, 并找出其共性特征, 有利于提高设计方案的成功率。

(2) 内隐知识可以通过语义差异法、口语分析法等, 依据一定的条件进行外显化。本文对工业设计中内隐知识的外显化以及用户知识与设计知识的匹配作了初步探讨, 其广度和深度还有待于进一步探讨。接下来的研究工作是进一步将这种内隐知识进行模型化、规律化, 为进一步完善计算机辅助工业设计 (CAID) 以及数控机床网络化协同设计奠定基础。

参考文献:

[ 1 ] 朱上上, 潘云鹤, 罗仕鉴, 等. 基于知识的产品创新设计技术研究. 中国机械工程, 2002, 13(4): 337~340

[ 2 ] Dienes Z, Perner J. A Theory of Implicit and Explicit It Knowledge. Behavioural and Brain Sciences, 1999, 22(5): 735~808

[ 3 ] Osgood C E, Suci C J, Tannenbaum P H. The Measurement of Meaning. Urbana: University of Illinois Press, 1957

[ 4 ] Maurer C, Overbeke C J, Smets G. The Semantics of Street Furniture. In: Susann Vihma ed. Object and Images—Studies in Design and Advertising. Helsinki: University of Industrial Arts Helsinki, 1992: 86~93

(下转第 734 页)

重新选择上述 10 个被试客户, 让每一位被试

流动实验研究具有一定的代表性。今后的工作是选取大量的细胞注射液进行实验,为细胞注射提供技术数据。

## 5 小结

经实验验证,微玻璃针实际临界注射压力实验数据与理论数据大致相符,为细胞定量注射提供了参考数据。细胞注射由于注射药剂量在纳升级以下,任何注射压力一直保持在实际临界注射压力之上的连续注射都会使药剂量超过细胞允许的注射药剂量。细胞注射时,加压系统以实际临界注射压力为界限上下微小变动,使注射过程的通断状态可高灵敏度地快速转换。因为在“通”时注射压力略大于实际临界注射压力,此时流量最小。可先计算出理论临界注射压力,近似确定实际临界注射压力范围,在该值附近建立高精度压力调节系统。

微玻璃针在流动状态下的特性研究在微量化学与检测及生物学方面有实际意义,以微针为液态物料传递管道的化学生物分析仪器具有体积小、样品消耗量极少、检验速度快的特点。由于化学分析要求的样品剂量远大于细胞注射药物剂量,可以在微玻璃针流动状态下通过调整注射压力得到稳定的流量以保证符合化学分析要求的剂量配给。

### 参考文献:

- [1] 章维一,侯丽雅.微系统领域的关键技术.中国机械工程,2000,11(11):1305~1308
- [2] 李智,俞生,都同功,等.转基因显微注射的剂量控制与效果分析.中国实验动物学,1998,8(1):65~69
- [3] 周兆英.微流量系统的基础技术研究.中国机械工程,1999,10(9):991~994
- [4] 景思睿,张鸣远.流体力学.西安:西安交通大学出版社,2001
- [5] Pfahler J, Harley J, Bau H. Liquid Transport in Micron and Submicron Channels. Sensors and Actuators, 1990, A21~23: 431~434
- [6] 李勇,江小宁.微管道流体的流动特性.中国机械工程,1994,5(3):24~26
- [7] Wang X H, Zhou Z Y, Ye X Y, et al. PZT-Driven Micropump. Proceedings of the International Symposium on Micromechatronics and Human Science, MHS, Nagoya, Japan, 1998
- [8] Gallardo B S, Gupta V K, Eagerton F D, et al. Electrochemical Principles for Active Control of Liquids on Submillimeter Scales. Science, 1999, 283: 57~60

- [9] 文书明.微流边界层理论及其应用.北京:冶金工业出版社,2002 (编辑 苏卫国)

作者简介:刘天军,男,1965年生.南京理工大学机械工程学院博士研究生,常州工学院机械系讲师.研究方向为微系统、振动与噪声控制.发表论文9篇.侯丽雅,女,1954年生.南京理工大学机械工程学院教授,博士研究生导师.章维一,男,1943年生.南京理工大学机械工程学院教授.任志俊,男,1965年生.南京理工大学机械工程学院博士研究生.

(上接第712页)

- [5] Espe H. Symbolic Qualities of Watches. In: Susann Vihma ed. Object and Images—Studies in Design and Advertising. Helsinki: University of Industrial Arts Helsinki, 1992: 124~131
- [6] Hsu S H, Chuang M C, Chang C C. A Semantic Differential Study of Designers' and Users' Product Form Perception. International Journal of Industrial Ergonomics, 2000, 25(4): 375~391
- [7] 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.计算机辅助设计与图形学学报,2000,12(11):873~875
- [8] Jindo T, Hirasago K, Nagamachi M. Development of a Design Support System for Office Chairs Using 3-D Graphics. International Journal of Industrial Ergonomics, 1995, 15(1): 49~62
- [9] Luo Shijian, Sun Shouqian, Pan Yunhe. Research on Product Information Design and Cognition. 3rd International Conference on CAID & CD, Hong Kong, 2000
- [10] Ericsson K A, Simon H A. Protocol Analysis: Verbal Reports as Data. 2nd ed. Cambridge: MIT Press, 1993
- [11] Nonaka I, Takeuchi H, Takeuchi H. The Knowledge—creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation. Ohio: Oxford Press, 1995
- [12] Luo Shijian, Tang Mingxi, Zhu Shangshang, et al. A Preliminary Semantic Differential Study on Users' Product Form Perception. The Human Factors and Ergonomics Society 47th Annual Meeting, Denver, 2003

(编辑 苏卫国)

作者简介:罗仕鉴,男,1974年生.浙江大学CAD&CG国家重点实验室讲师、博士研究生.研究方向为计算机辅助工业设计、人机工程、人机交互等.发表论文20余篇.朱上上,女,1975年生.浙江工业大学艺术学院讲师、博士.孙守迁,男,1963年生.浙江大学计算机学院教授、博士研究生导师.唐明晰,男,1955年生.香港理工大学设计技术研究中心博士.潘云鹤,男,1946年生.浙江大学校长、教授、博士研究生导师,中国工程院院士.