基于意象的潜艇控制台造型优化设计研究

曹淮，庞祎
（华中科技大学，武汉 430074）

摘要：目的 研究感性意象对潜艇控制台造型的优化设计。方法 收集控制台样本，运用意象尺度法和典型形态分析法提炼整体设计趋势及优缺点,帮助定位优化设计方向；结合人机工程学理论，对潜艇控制台造型的人机尺寸进行指导和规范。结论 在符合军工产品规格的基础上，通过意象风格与人机工程的应用对潜艇控制台在外形和舒适度等方面进行改进和提升，能优化潜水兵在执行任务时的操作体验、使工业设计在未来军工类产品方面得到更广泛地应用。

关键词：潜艇控制台；感性工学；设计意象；人机工程学；造型设计
中图分类号：TB472 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2016)24-0160-05

Styling Optimization Design for Submarine Console Based on Image

CAO Huai, PANG Yi
(Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

ABSTRACT: It aims to study the styling optimization design for submarine console through the application of kansei image. it collects samples of console, using the image scale and typical form analysis to refine overall trends and advantages and disadvantages in order to position optimization design direction. Combined with the theory of ergonomics, the size of submarine console model is guided and standardizde. On the basis of military product specifications, using kansei image and the theory of ergonomicsto improves and upgrades submarine console in appearance, comfort and so on, which can optimize the peration experience of diving soldier in mission so as to make the industrial design have a wider range application in the future war industry products.

KEY WORDS: Submarine console; perceptual technology; design work; the man-machine engineering; modeling design

潜艇内部操控装置较多，控制台是潜艇的行动指挥控制中心,也是与潜艇兵互动最频繁、操作时间最长的设备之一。不同于飞机、轮船、游艇的控制台设计，潜艇控制台在进行造型设计时会受到一定条件的约束。目前的潜艇控制台仅限于满足其功能要求，缺少了造型在美感、人机等方面与功能的融合以及鲜明的产品识别性。这里以潜艇为例，优化设计出更舒适的人机操作为工业设计在军工产品的应用和发展方面提供一个良好的参考。

1 意象及人机工程学

产品的不同属性具有不同水平，用户对产品的偏好是由产品的各种属性的结合造成的[1]。产品的造型设计能够传达一定的精神、文化等层面的意义与象征性。消费者潜意识中对产品的属性要求除形态以外还包括色彩、质感、操作界面布局等[2]。

潜艇控制台造型的优化设计牵涉到人的主观感受，需要依靠一定的理论和方法来评判设计方案

收稿日期：2016-08-09
基金项目：东莞市引进创新创业领军人才计划资助
作者简介：曹淮（1974—），男，重庆人，博士，华中科技大学副教授，主要研究方向为工业设计。

的准确性及好坏程度。日本广岛大学的长町三生教授认为：感性工学是将人们的想象及感性等心愿翻译成物理性的设计要素进行开发设计的技术。在日本设计学界，学者们将感性、感受作为顾客对新产品的心理感受和意象，意象就是一种心理预期[3]。借助实验、统计等方法，对人们评价某一事物的层次心理量进行测量、计算、分析，降低人们对某一事物的认知维度得到意象尺度图，进而比较潜艇控制台造型意象分布规律的一种方法即为意象尺度法[4]。意象尺度法以语义差异法为基础，此方法由美国心理学家奥斯古德在 1942 年所创建，是一种用于研究受测者心理意象的实验方法[5]。将多对反义形容词如“坚硬的—柔软的”语意量化进行数据分析，通过数值得到人们对潜艇控制台的纯主观体验和隐藏需求以及明确的形态分布和变化规律，这对设计方案具有非常重要的指导意义[6]。

人机工程学是使人-机器-环境实现协调统一的科学方法[7]。在进行产品设计时,需要结合生理学,人体测量学和心理学以及其它有关学科知识,从工作效率,安全,舒适等方面合理安排人和机器之间的操作关系和环境布置,使工效达到最优状态。

2　意象分析方法的应用

潜艇控制台在日常工作中非常少见，深入了解控制台的造型风格需要借鉴其他不同类型如飞机、轮船的控制台，通过一定规模的样本树建立产品意象尺度图，总结当前控制台整体设计风格和趋势来定位优化设计方向。

通过网络、新闻、文献资料等方式收集整理的 80 个样本，控制台样本见图 1。整理对样本的描述得到的造型意象有以下几种：稳重、严肃、简单、精密、复杂、柔和、硬朗、明亮、灰暗、现代、流线、笨重等。从中选择“简单—复杂”、“柔和—硬朗”、“明亮—灰暗”、“冷—暖”4 组意象制成调查问卷，以打分的形式（满分五分，分值与心理感受程度成正比）表示不同维度的连续心理变化量进行问卷调查，并将数值统计分析。在这过程中使用到的设计方法包括双/多维度定性/量意象分析和 SPSS 聚类分析法等。

双维度定性意象分析较为直观地体现了控制台样本在双维度图中的分布，得出了控制台造型较为集中的意象区域，此区域设备精密感和稳重感较强。对于不同种类的控制台，造型意象有差异。例如飞机控制台多采用弧线，带有较大 R 角的柔和流线造型；而潜艇控制台多采用方正、直线条造型。在色彩意象分析中大多数控制台使用低明度、偏冷色调色彩。控制台造型意象十字分析见图 2。

图 1　控制台样本
Fig.1 Console samples

图 2　控制台造型意象十字分析
Fig.2 Console modeling image cross analysis

为排除双维度定性意象分析的主观性，通过多维度定量意象分析法更加客观地将调查问卷中的分值收集整理了，输入 SPSS 数理统计软件进行了 SPSS 聚类分析。

多维度定量意象分析见图 3，从其中的分析结果可以看出：样本因子在明度低、质感偏硬且造型复杂区域较为集中。验证目前的控制台造型多以直

线元素交叉组合，体现硬朗感，采用了低明度色彩，且大部分控制台样本结构复杂繁琐。样本因子在软硬感和繁简感维度上并没有太大变化，整体样本因子却集中在偏冷维度附近，说明整体样本倾向于使用冷色调色彩，因此控制台看上去稳重、挺拔、具有科技感。从心理学分析亦可得知：冷色调色彩在视觉上起到了降温的心理作用，可以使人感到舒适，有助于安定神经、保持冷静、减少误操作[8]。多维度定量意象分析证明了双维度定性意象分析的相关论点。在整体造型风格分析基础上，针对单个的控制台样本采用典型形态分析法，提炼其轮廓特征线和色彩搭配，有助于设计师更精准地定位设计风格。典型样本可从双维度定性意象表的 4 个象限内分别随机挑选，具有普遍性和代表性。

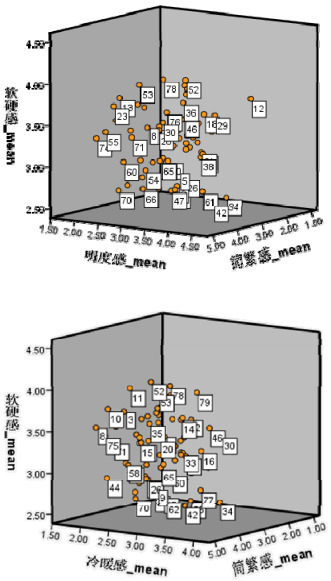


图 3 多维度定量意象分析

Fig.3 Console modeling image cross analysis

通过意象分析可知，目前的控制台设备造型仅仅是顺应内部结构设计，运用单一的线条，过多地采用直线、平面、直角，造成造型呆板与机械化。各种形式美法则例如变化与统一、比例与尺度、均衡与对称、节奏与韵律等均没有得到很好的体现。

3 潜艇控制台造型优化实例

本次优化设计的潜艇控制台造型在样本树中属于直线-硬朗型。整体外观没有明显的造型语言特征，略显板正，按键和仪表盘较多，操作范围较大，原控制台外形见图 4。潜艇控制台由于其特殊的使用环境，它的视觉感受主要体现在正视和侧视两个角度，通过分析，提取 4 个优化设计意象：科技感、整体感、人性化、稳重感。

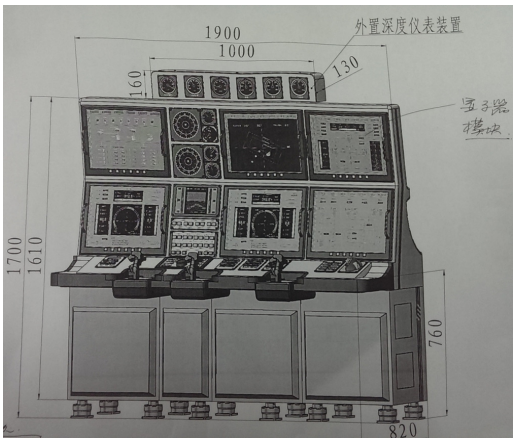


图 4 原控制台外形

Fig.4 The console appearance

3.1 艇内空间对控制台设计的影响

控制台位于潜艇指挥舱，是指挥作战行动、处理信息的中心，内部除控制台外，还分布着由雷达、望远镜和声纳等构成的作战指挥系统[9]。

潜艇指挥舱内部空间的特点会限制控制台的设计发挥，在设计时还要考虑控制台拆解后组块的大小，使其能够顺利地进入舱门完成安装。艇内空间较小且封闭，潜艇控制中心布局

见图 5。由于设备众多，为保证艇员的活动面积，在设计时应尽可能合理地减小控制台体积。潜艇长期在海下作业环境恶劣，容易产生颠簸，因此要在造型上更贴合舱体，保证控制台自身的稳定性以及艇员操作状态的稳定性。艇内各种设备产生的噪声会在一些情况下掩盖控制台的报警声，需要从视觉上进行辅助设计。

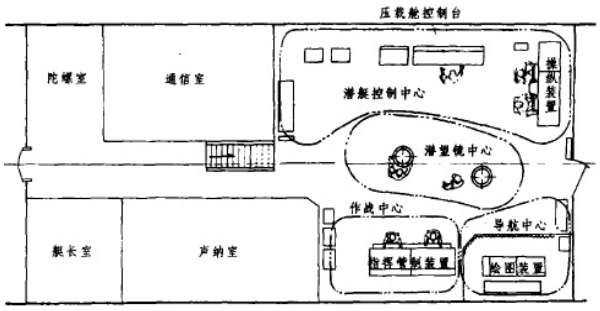


图 5 潜艇控制中心布局

Fig.5 The layout of submarine control center

3.2 科技感的优化

每一个客观物体都有本身的外观轮廓形状，并总

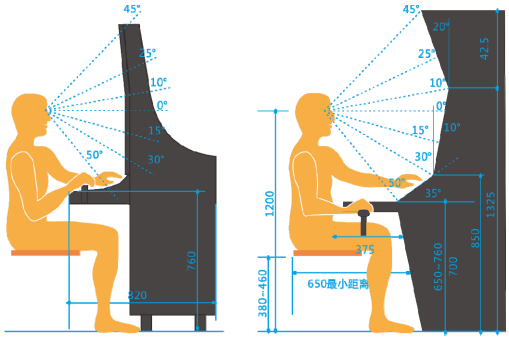
是由一些特定的线条组合而成的[10]。以目前市场中科技感较强的电子产品苹果设备为例，它以矩形加弧线为造型特征，各部件之间无缝衔接，材质手感舒适，整体非常自然流畅，简洁精致，因此在控制台的大轮廓线处理上可以运用流线或曲线元素来增加科技的视觉感受。合理安排分模线，使控制台的维修和拆装更加方便同时增强造型流线感。巧妙处理接缝，对受加工工艺限制不能再缩小的接缝进行隐藏遮盖处理，避免长短粗细的变化破坏控制台的简洁。高质感能够提升产品科技感，潜艇控制台对于材质的要求比较严格，基于特殊的作业环境，要求材料持久耐用不易变形，还要能够耐腐蚀，这种限制下能够选择的材质比较单一，用一些特殊的方法进行材料表面处理，例如拉丝、磨砂、喷漆或者镀铬等，都可以增加控制台的质感、体现出较强的科技感。

3.3　整体感的优化

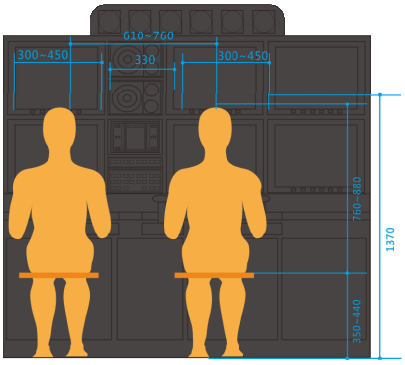
现有潜艇控制台的部件可分为：显示器、仪表、键盘、按钮、操作杆、主机等。大部分是成品组装，因此每个部件之间的形态特征不一致，使控制台在视觉上缺乏整体感、略零散。在设计时，功能相近的元件可以集中在同一区域，区域中功能不同的模块可以通过整体的上移或内陷来区分，在一定程度上提升控制台的整体感，避免局部凌乱，减小视觉信息过多造成的压力。成品部件如显示器和仪表的边框裸露在外会破坏整体感，可以采用背面嵌套的方法，利用面板将边框遮挡，保证控制台的整体性。

3.4　人性化的优化

潜艇控制台的人性化体现在以下两个方面：（1）视觉上的亲和感，是指潜艇控制台的造型给用户产生的友好、亲近感，因此控制台的外观不能有明显而尖锐的棱角或突兀的起伏，轮廓线条避免生硬、死板，设计时可以用适度的倒角将边缘直角弱化，大部分潜艇控制台使用的是冷调低明度的色彩搭配，会产生距离感，可以通过调整每个色块所占比例，减小色彩在明度，纯度上的对比，使低明度冷色调的色彩搭配产生柔和、稳定的感受，辅助提升控制台的友好程度；（2）操作上的舒适度，控制台-主攻-副攻--潜艇内部构成了一个复杂的人机系统，在该系统中，需考虑控制台与人之间以及人与人之间的关系，受到潜艇内部空间限制，控制台的长宽高规定为 1820*864*1700 mm 以内，操作员主要以坐姿工作，动作包括控制操纵杆，观察屏幕及仪表数据，敲击键盘和按钮等。此时，要满足坐姿状态下长时间的所有作业，控制台方案优化前后尺寸对比见图 6a，座高设置在 350 到 440 mm 之间，台面高度在 560 到 760 mm 之间。为方便敲击键盘，将台面倾斜与水平线成 15 到 35°夹角，手腕与手臂保持在同一直线，缓解手腕长时间弯曲造成的疲劳。根据颈部肌肉疲劳试验发现，对颈部造成疲劳的主要是持续注视(50s 以上)的显示装置[11]。控制台显示器共 6 块，分上下两部分，将显示器与垂线成 10 到 20°夹角的倾斜，方便操作员观察，增加观测时的舒适度。根据人机工学原理，经常使用和重要的操纵器，应排布在艇员的最佳操作区，操纵力较大的操纵器，应布置在艇员的最佳施力区[12]。操作杆的最适宜位置为与手肘持平的水平线上，据此操作杆位置可适当降低。主攻与副攻共同作业时，控制台对于主副的区域分配既要保证个人工作空间，避免相互干扰，又要留出适当的公共空间，方便走动和交流，具体尺寸参考控制台主攻-副攻分配图见图 6b。按照人机工程学原理对控制台的人机尺寸进行调整后，优化了操作体验，提升了控制台的舒适度，达到了人性化的目的。



a 控制台方案优化前后尺寸对比



b 控制台主攻-副攻分配图

图 6　人机分析图

Fig.6 The man-machine analysis diagram

3.5 稳重感的优化

军工类产品必须要具备稳重感，它所传达出的是军事力量的强大，还有设备性能的稳定可靠。控制台的造型要在科技感与稳重感之间找到平衡，避免科技感造成的轻浮、随意以及稳重感带来的笨重、呆板。从外形来说首先要保证控制台的重心能够落在基座上，中心偏下位置，在设计控制台基座时既留出舒适的腿部活动空间又要有足够的宽度来保持控制台的稳定性，同时，利用色彩的轻重感和远近感进行调整，这些方法交叉使用可以使控制台造型更加稳重。

基于以上 4 个意象的优化方向，最终优化方案效果见图 7。与原机型相比，控制台整体在科技感、整体感、人性化、稳重感 4 个意象上得到了优化。

图 7 最终优化方案效果
Fig.7 Final optimization project effects

4 结语

综上所述，潜艇控制台的造型美感和操作体验借助工业设计的理论得到了很大程度的优化，也更具特色，增强了在竞争日趋激烈的相关军工市场中的优势。未来，工业设计的应用不仅可以切实提升军事装备的可用性和可靠性，而且也可从人机的角度考虑，完善装备和使用者这一系统之间的相互关系，让军队战士在保家卫国时能够得心应手，并且更加高效、便捷、舒适地完成作战任务。

参考文献：

[1] 李永锋，朱丽萍．基于结合分析的产品意象造型设计研究[J]．图学学报，2012(4): 121—128
LI Yong-feng, ZHU Li-ping. Research on Form Design of Product Image Based on Conjoint Analysis[J]. Journal of Graphics, 2012(4): 121—128.

[2] 苏建宁，王鹏，张书涛．产品意象造型设计关键技术研究进展[J]．机械设计，2013(1): 97—100.
SU Jian-ning, WANG Peng, ZHANG Shu-tao. Review of Key Technologies of Product Image Styling Design [J]. Journal of Machine Design, 2013(1): 97—100.

[3] 李砚祖．设计新理念[J]．新美术，2003(4): 20—25.
LI Yan-zu. A New Concept of Design[J]. New Arts, 2003(4):20—25.

[4] 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(11): 85—87.
ZHU Shang-shang, LUO Shi-jian, ZHAO Jiang-hong. The Image Scale of Numerical Control Machine Research Based on Ergonomics[J]. Journal of Computer-aided Design & Computer Graphics, 2000(11): 85—87.

[5] 孙琳琳，孔繁森，周宇．基于感性工学的汽车座椅静态舒适度的研究[J]．人类工效学，2013(2): 60—62.
SUN Lin-lin, KONG Fan-sen, ZHOU Yu. Research on Static Comfort of Automobile Seat Based on the Perceptual Engineering[J]. Chinese Journal of Ergonomics, 2013(2): 60—62.

[6] 王小妍，钟砚涛．语意差异量表在产品设计中的介入融合[J]．装饰，2014(12): 98—99.
WANG Xiao-yan, ZHONG Yan-tao. Intervention and Integration of Semantic Difference Scale in Product Design[J]. Zhuangshi, 2014(12): 98—99.

[7] 丁玉兰．人机工程学[M]．北京：北京理工大学出版社，2000.
DING Yu-lan. Human-machine Engineering[M]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 2000.

[8] 张波，李震，姚竞争．色彩心理学在船舶内装设计中的应用[J]．舰船科学技术，2011， 33(9): 120—123.
ZHANG Bo, LI Zhen, YAO Jing-zheng. The Application of Color Psychology in Inner Fitting Design[J]. Ship Science and Technology, 2011, 33(9): 120—123.

[9] 祁一荣．艇内舱室划分与布置[J]．现代舰船，2000(12): 39—40.
QI Yi-rong. Division and Arrangement of Cabin in the Submarine[J]. Modern Ships, 2000(12): 39—40.

[10] 陈国东，傅桂涛．基于形、态、意的产品外形研究[J]．包装工程，2014, 35(10): 87—90.
CHEN Guo-dong, FU Gui-tao. The Product Form Based on the Shape, Feeling and Meaning[J]. Packaging Engineering, 2014(10): 87—90.

[11] 范文，余隋怀，王军锋．基于人体疲劳特性的载人潜水器舱室布局评估方法[J]．机械设计，2015(9): 105—110.
FAN Wen, YU Sui-huai, WANG Jun-feng. Evaluation Method of DSV Cabin Layout Based on Human Fatigue Characteristics[J]. Journal of Machine Design, 2015(9): 105—110.

[12] 茅云生，黄金锋，陈丹东．人机工程理论在潜艇设计中的应用研究[J]．造船技术，2004(2): 26—29.
MAO Yun-sheng, HUANG Jin-feng, CHEN Dan-dong. The Application of the Man-machine Engineering Theory on the Submarine Design[J]. Journal of Marine Technology, 2004(2): 26—29.