

# 潜艇操控台的人机工学优化设计分析

曹淮, 董沛果

(华中科技大学, 武汉 430074)

**摘要:** **目的** 在设计复杂武器装备类操控台时, 更加符合人机工学从而优化使用时的操作时间, 缩短作战时间。**方法** 通过对现有复杂武器装备操控台的人机工学方法进行分析, 列出样本并使用调查问卷的方法, 对样本进行了色彩、造型以及功能区域排布等类别分析, 并得出了优化结果。**结论** 给今后复杂武器装备类操控台的设计提供了人机工学方面的优化设计结论。

**关键词:** 人机工学; 操控台; 功能分区

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)06-0159-05

## Analysis of Ergonomics Optimal Design of Submarine Console

CAO Huai, DONG Pei-guo

(Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China)

**ABSTRACT:** The purpose is to design complex weaponry class console, the more ergonomic in order to optimize the use of operating time and shorten the time of war, through the existing complex weaponry console ergonomics analysis method, and samples are listed using the questionnaire method for samples of color, shape and arrangement of functional areas and other categories for analysis and optimization of the results obtained. Future complex weapons class console design offers ergonomic aspects of the design optimization of the conclusions.

**KEY WORDS:** ergonomics; console; functional division

潜艇操控台是潜艇操作台, 潜艇作战指挥控制台的简称, 它在作战过程中起到传递情报, 下达指令以及操作和控制潜艇走向的重要作用, 是人机交互的重要部件<sup>[1]</sup>。通过它才能使得命令得以正确迅速的传递, 提高武器使用效率, 在作战中增加生存能力, 从而使潜艇准确的发挥其战略作用。

## 1 研究背景

对于潜艇的操控台, 是否运用人机工程学来进行设计, 在结果上有很大区别。优秀的人机工学潜艇操控台对于充分发挥人员以及机器的操控效率有着重大意义。

随着现代化的进行, 潜艇由于其内部构造极其复杂的特殊性, 大量的操控需求, 信息传递, 对于操控员的脑力消耗, 精神疲劳是一个重大考验, 因此在潜

艇操控台中利用人机工学来进行设计操控台的外观会给艇员带来身体上的舒适, 而符合人机工学的人机界面在艇员操作时也会带来极大的便利。

## 2 潜艇人机工学简介

潜艇作为作战中不可或缺的战斗力量, 是一种特殊的作战装备, 有着独特的人机环境, 其长时间水下作业, 舱室中长时间从大气中隔绝出来。潜艇有速度小, 加速慢, 作业时间长, 人机界面矛盾较小的特征, 因此潜艇在设计分析中, 可以从其环境布局, 操控台以及座椅高低, 配件的造型颜色等都可以借鉴其他种类的作战装备如飞机等。

西方一些国家很早就开展了对于大型船舶人机工学的分析研究, 包括船舶的人机, 人机环境以及船员心理的人机研究<sup>[2]</sup>。目前, 潜艇的操控室形成了基

收稿日期: 2016-12-15

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、品牌策略与设计。

本的固定配套设施,导航用雷达,人工舵,安全通讯系统,泊靠工作站。其中,布局大致为人工舵居中,导航雷达,安全通讯系统等其他设备分开两边进行布置,泊靠工作站居两侧翼桥的驾驶室<sup>[3-4]</sup>。

现在,大型船舶的操控室人机界面更侧重于设备自动化、集成化的提高,值守船员的减少,因此研究人员明确:在提高驾驶室自动化程度同时,还需要通过对驾驶室人机界面的研究保证船员作业的绩效,降低疲劳和压力负荷。

### 3 操控台典型样本分析

针对控制台样本,分析思路为:控制台功能模块区分→对产品进行色彩提取→对控制台的典型轮廓线进行分析提取→对控制台布局进行概括分析。这里主要分析5个潜艇控制台样本,样本1~5潜艇控制台色彩方案及布局分析见图1。

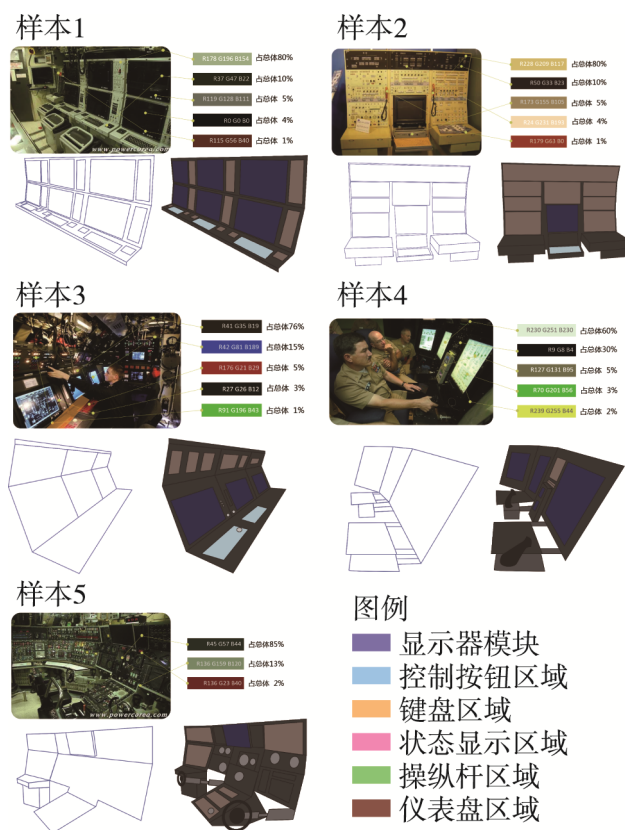


图1 样本1~5潜艇控制台色彩方案及布局分析

Fig.1 Sample 1~5 submarine console color scheme & layout analysis

#### 3.1 样本1

样本1潜艇控制台色彩方案及布局分析如图1,该控制台采用显示器上下排列,每列间隙插入控制区域。下方统一为控制区和操纵杆区域,方便手部操作。主体采用灰绿色,在适应潜艇环境的同时又可以从其

昏暗的环境中跳出来。少部分采用红色按钮,起到警示的作用。外轮廓使用直线线条,体现设备的稳重,严肃感。上下屏幕 $0\sim 30^\circ$ 倾斜,符合人机工学。对称式布局,视觉均衡。显示器位于主体中间位置,上下两级显示器增大可视范围,符合人机工学中最适宜视觉范围。操控区位于屏幕左右两侧以及下方,在人机工学中处于次级便捷操控的位置。

#### 3.2 样本2

样本2潜艇控制台色彩方案及布局分析如图1,该控制台只有一个显示器嵌在主题中下部,并且可视范围太小。控制区按钮分配杂乱,分区不明显,极易出现误操作。该机型采用明黄色作为主体色,暖色在长时间注视后极易产生视觉疲劳。配色也采用相近色,不易区分。外轮廓使用直线线条,体现设备的稳重,严肃感。所有空间都安排在上部,造成长时间抬头动作,容易产生疲劳<sup>[5-6]</sup>。控件按钮没有明显的色彩和大小区分,也没有清晰的功能分区,容易造成误操作。

#### 3.3 样本3

样本3潜艇控制台色彩方案及布局分析如图1,该控制台以显示器为主,按钮键盘功能分区明确。造型简洁,并且使用了色彩区分按钮,减少误操作。该机型采用深灰作为主体色,非常整体,干净且稳重,不易产生视觉疲劳。配色采用对比色,容易区分。外轮廓使用直线线条,体现设备的稳重,严肃感。按功能和使用频率分区。显示器位于主体中间位置,主要键盘位于下方,次级按钮位于上方,合理安排便于操作。

#### 3.4 样本4

样本4潜艇控制台色彩方案及布局分析如图1,该控制台以屏幕为主,突出的特点为操纵杆放置高度适宜人的操作。控制区按钮较少,布局清晰。该机型采用黑色作为主体色,显得沉稳,大气。配色使用数量较少,但对比度强,比较鲜明。外轮廓使用直线线条,体现设备的稳重,严肃感。分区明显,并且大小模块清晰。显示器位于主体中间位置,并且将辅助按钮集中设置,减小动作距离。

#### 3.5 样本5

样本5潜艇控制台色彩方案及布局分析如图1,该控制台只有一个显示器嵌在设备顶部,增加了抬头动作频率。控制区按钮分区不明显,易出现误操作。该机型采用无色彩倾向的深灰作为主体色,整体色彩比较统一。配色使用高亮色,比较明显,易区分。外轮廓使用直线线条,体现设备的稳重,严肃感。布局不清晰,区域性不强。按钮数量较多,分布较散。主次关系不够明显。

通过以上分析对比,对 5 个样本分别从造型、色彩以及人机方面进行打分。样本总结见表 1,可以看出样本 2 在 3 个方面做得都不好,没有任何参考价值。而样本 3 则在 3 个方面都尽量做到了最优,可以为后续的设计提供参考。

表 1 样本总结  
Tab.1 Sample summary

| 样本                                                                                  | 造型 | 色彩 | 人机 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|
|    |    |    |    |
|    |    |    |    |
|    |    |    |    |
|   |    |    |    |
|  |    |    |    |

4 人机工学细则在操控台中的应用

4.1 坐姿尺寸分析

在《人体工程学图解——设计中的人体因素》中,作者提供了详细的人坐姿状态下各种符合人机工学的数据尺寸。在坐姿高度时,上层显示屏与垂直方向的夹角最大为 30°则是较为适宜的角度,操作员在观察的时候不至于导致颈部的不适。而下方的操控板与垂直方向的加价最大则为 45°,方便手部操作的同时不会给人带来不适感。

4.2 操控台的布局原则

4.2.1 按钮的布局原则

对于大型武器装备的操控台来说,按钮的数量庞大,对其进行有效的布局将大大有利于船员操作,然而将每一个元件都放在能发挥其最大功效的位置上这样的理想情况并不能够实现,只能尽可能地做到最优。例如,将大量的显示器放置在利于观察的视觉范围内,把重要的控制器放在能快速作出反应的便捷区域内,但是这样做有可能造成的结果就是操作与显示的模块分离,这也就是为何要对其进行原则性的布局

的原因。

根据具体情况具体分析,运用这些原则同时考虑到元件独立使用的大概位置以及其位置上元件的具体布局。根据原则进行操控区域按钮的布局,将大大减小失误率以及有效缩短操作时间。

4.2.2 控制器的布局原则

为基于控制装置的研究,Chapanis 提出了成堆的相似控制装置的推荐间距(最好的和最小的距离),由此可以在后期进行按钮排布的时候作为参考,相邻控制器的间距推荐值<sup>[7-8]</sup>在 CHAPANIS A 的"Human Factors in Systems Engineering"一文中已提及。

对于大型武器装备的操控台来说,按钮的数量庞大,对其进行有效的布局将大大有利于船员操作,然而将每一个元件都放在能发挥其最大功效的位置上这样的理想情况并不能够实现,只能尽可能地做到最优。例如,将大量的显示器放置在利于观察的视觉范围内,把重要的控制器放在能快速作出反应的便捷区域内,但是这样做有可能造成的结果就是操作与显示的模块分离,这也就是为何要对其进行原则性的布局的原因。(1)重要性原则;(2)使用频率原则;(3)功能原则;(4)使用顺序原则。对于以上原则需要根据具体情况具体分析,运用这些原则同时考虑到元件独立使用的大概位置以及其位置上元件的具体布局。根据原则进行操控区域按钮的布局将大大减小失误率以及有效缩短操作时间。

在使用一系列按钮完成一个动作时,按照顺序原则排列按钮会减少操作时间,为作战赢得战机,同样按照功能原则,将按钮成组布局在左右方位更易操作。当手握持手柄时,肌肉丰富的指球肌,大鱼际肌区和小鱼际肌区应当与手柄表面紧密贴合,以便发力握牢手柄<sup>[9-10]</sup>。

操纵杆操作时应该只用手臂而不移动身躯,以此原则来确定操纵杆的操作行程和扳动角度。短操纵杆靠转动手腕操作,比较轻松。500~600 mm 长操纵杆的操作行程为 300~350 mm,转动角度 30°~60°为宜<sup>[10]</sup>。

5 操控台具体尺寸分析

以国内某机型轮廓线功能分区提取见图 2,将其轮廓线提取出来并进行功能模块的分析。发现该机型在功能模块分区上采用了显示器集中放置并且位于整个机器的上部,处于人机工学中较舒适的视线范围。仪表盘区域夹在两部分显示器模块之间,与上层显示器模块同高,在观察时可做到在观察显示器时余光可以观察到仪表盘。操控区域分别放置在下层显示器间隙以及下方操作区域,下方的布局靠近双手便于操作,也使得在长时间操作时不会因为胳膊伸的过远或过高而产生疲劳感。

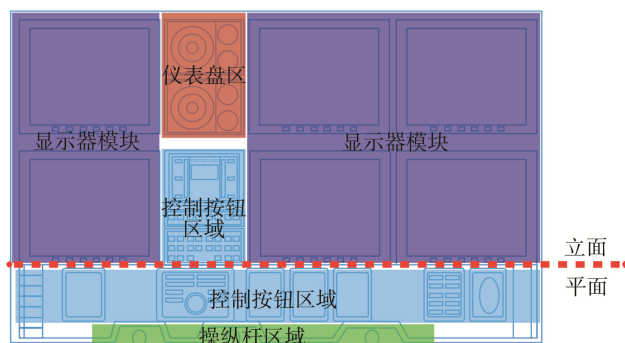


图2 某机型轮廓线功能分区提取

Fig.2 A machine contour extraction of functional partition

主副工位操控台正视图见图3, 可看出主工与副工之间座椅距离, 在人机工学的角度来说 610~760 mm 比较适宜, 而两个操控者的身体之间最小距离在 330 mm 可方便人走动。至于座椅高度在 350~440 mm 为比较舒适的坐姿。

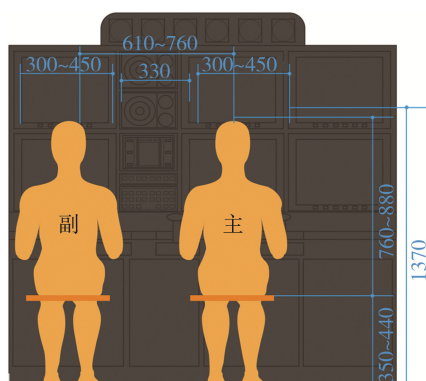


图3 主副工位操控台正视图 (单位/mm)

Fig.3 Main station and the console front view

副工位顶视图见图4, 分析得知, 人的双手伸展开最大距离为 1500 mm, 而正常活动距离为 1194 mm, 因此手柄应放置在此范围之内, 且保证相邻手柄之间距离控制在 330 mm 左右。由于手臂活动范围呈弧形, 因此身体前方按钮排布应避免超出人手最大活动范围, 即 508 mm (即弧形半径)。

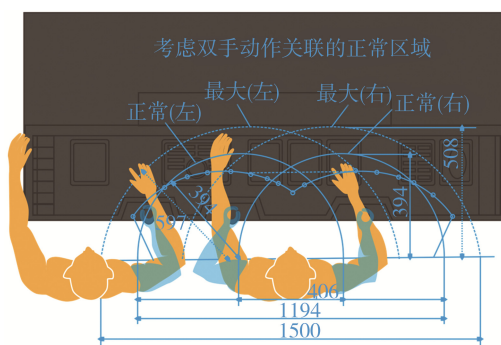


图4 主副工位顶视图 (单位/mm)

Fig.4 Main station and top view

主副工位侧视图见图5, 人的坐姿平均视线高度为 1200 mm, 屏幕与垂直线成 20°夹角时较为舒服。按键可与水平面成 35°倾斜, 而手柄最适宜高度应与手肘持平。座椅与控制台下部距离最小为 650 mm, 保证腿部活动空间。台面高度在 650~760 mm 较为合适。

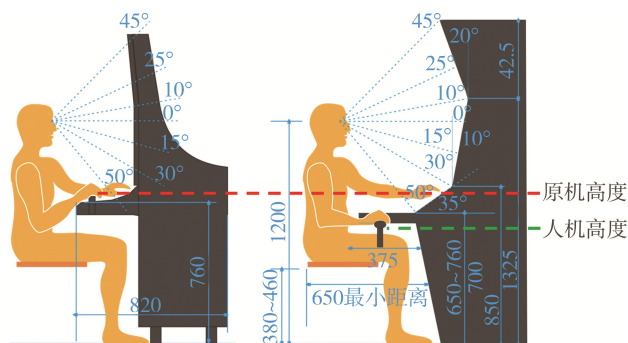


图5 主副工位侧视图 (单位/mm)

Fig.5 Main station and elevation

## 6 结语

综合上述分析总结得出, 现有武器装备造型风格主要由硬朗、复杂、明度居中的冷色调为主, 当然在武器装备上采用硬朗的轮廓有利于表达武器装备的严肃感, 冷色调适宜长时间的注视, 但是现有产品的操作界面过于复杂, 按钮数量庞大也是一个棘手的问题, 按钮对应的功能以及其需要观察的数据众多无法舍弃, 导致与操控台的复杂感增大。

人机数值方面得出以下结论: 人坐姿平均视线高度为 1200 mm, 屏幕与垂直线成 20°夹角时较为舒服。按键可与水平面成 35°倾斜, 而手柄最适宜高度应与手肘持平。操控台的上层显示屏与垂直方向的夹角不超过 30°为佳, 下方的倾斜操控面板与垂直方向的夹角最大为 45°比较好。两名操控船员之间的座椅距离控制在 610~760 mm 较为适宜, 操控船员身体之间的距离最小为 330 mm 才能方便走动。至于座椅高度, 应该设置在 350~440 mm, 座椅与控制台下部距离最小为 650 mm, 保证腿部活动空间。台面高度在 650~760 mm 比较适宜操控船员坐姿状态。

## 参考文献:

- [1] 程飞. 潜艇指控系统人机交互技术发展分析[J]. 火力与指挥控制, 2013, 38(5): 5—9.  
CHENG Fei. Human-computer Interaction Technology Development Analysis of Submarine System[J]. Fire and Command Control, 2013, 38(5): 5—9.
- [2] 张健. 大型船舶医疗舱室布置与噪声环境研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2013.  
ZHANG Jian. Large Ships Medical Cabin Arrangement and Noise Environment Research[D]. Harbin: Harbin Engineering University, 2013.

- [3] 余昆. 大型船舶驾驶室人机界面综合评估研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2012.  
YU Kun. Large Ship Cabin Human-Machine Interface Comprehensive Evaluation Research[D]. Harbin: Harbin Engineering University, 2012.
- [4] 唐刚. 基于人机工程学的港口起重机驾驶室优化[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2013, 39(4): 440—442.  
TANG Gang. Port Crane Bridge Optimization Based on Ergonomics[J]. Journal of Donghua University(Natural Science Edition), 2013, 39(4): 440—442.
- [5] 宫泽世. 浅析室内设计中色彩的合理运用[J]. 大众文艺, 2014(15): 125—126.  
MIYAZAWA. Analyses the Reasonable Use of Color in Interior Design[J]. Popular Literature, 2014(15): 125—126.
- [6] 赵贵竹. 船舶驾驶员疲劳致因因素分析[J]. 中国水运, 2015(9): 64—65.  
ZHAO Gui-zhu. The Ship Pilot Fatigue Cause Factor Analysis[J]. China's Water Transport, 2015(9): 64—65.
- [7] TILLY A R, 朱涛. 人体工程学图解——设计中的人体因素[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998.
- TILLY A R, ZHU Tao. Human Factors in the Design of Human Body Engineering Diagrams[M]. Beijing: China Architecture and Building Press, 1998.
- [8] CHAPANIS A. Human Factors in Systems Engineering[M]. John Wiley & Sons, Inc., 1996.
- [9] 叶建军, 李俊源. 工具手柄舒适度评定方法的研究及其实现[J]. 机电工程, 2010, 27(1): 62.  
YE Jian-jun, LI Jun-yuan. Study Tool Handle Comfort Evaluation Method and Its Implementation[J]. Mechanical and Electrical Engineering, 2010, 27(1): 62.
- [10] 陈梦瑶, 张仲凤. 绿色产品设计中的材质情感研究[J]. 家具与室内装饰, 2015(1): 58—59.  
CHEN Meng-yao, ZHANG Zhong-feng. Research on the Material Emotion in Green Product Design[J]. Furniture & Interior Design, 2015(1): 58—59.
- [11] 顾文艳. 机械系统人机界面虚拟设计方法的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2002.  
GU Wen-yan. Mechanical System Human-Machine Interface of Virtual Design Method Research[D]. Beijing: China Agricultural University, 2002.