

海洋工程装备

船舶操控台控制界面人机工程设计标准研究

王川¹, 冉令华², 徐胜航³

(1.海军特色医学中心, 上海 200433; 2.中国标准化研究院, 北京 100191;

3.海军装备部, 北京 100089)

摘要: 为了探讨船舶操控台控制界面人机工程设计标准制定的必要性和标准化建议, 采用文献分类、汇总和分析的方法, 对国内外控制界面人机工程设计标准的现状及船舶操控台控制界面人机工程设计标准化对象进行深入分析。当前针对控制界面的通用标准在应用于船舶操控台时, 需要进行具体化和进一步细化, 船舶控制界面应进行功能分组, 控制界面上各装置应与操纵员特征耦合。因此, 迫切需要在人机交互实验的基础上, 研制船舶操控台控制界面人机工程设计标准。在研究借鉴国内外船舶操控台控制界面相关标准研制现状的基础上, 提出了船舶操控台控制界面标准化工作建议。

关键词: 操控台; 控制界面; 人机工程; 标准化

中图分类号: TP23

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2021)08-0048-04

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2021.08.009

Study on the Design Standards for Ergonomic Control Interface of Ship Control Panel

WANG Chuan¹, RAN Ling-hua², XU Sheng-hang³

(1. Naval Medical center of PLA, Shanghai 200433, China; 2. China National Institute of Standardization, Beijing 100191, China; 3. Naval Equipment Department, Beijing 100089, China)

ABSTRACT: In order to discuss the necessity and standardization of design standards for ergonomic control interface of ship control panel, this paper, through the methods of literature classification, summary and analysis, deeply analyzes the present situation of ergonomic control interface design standards at home and abroad and the standardization object of ergonomic control interface design standards of ship control panel. The current general standards for control interface need to be specified and further refined when applied to ship control panels. Functions of ship control interface shall be divided into groups and devices on the control interface shall be in line with operator's characteristics. Therefore, it is urgent to develop the ergonomic design standard for control interface of ship control panel on the basis of ergonomic experiment. Based on the research and reference of relevant standards for control interface of ship control panel at home and abroad, this paper puts forward suggestions for the

收稿日期: 2021-04-02; 修订日期: 2021-05-07

Received: 2021-04-02; Revised: 2021-05-07

基金项目: 装备技术基础项目 (2019A0702); 装备技术基础项目 (20AZ0703); 型号科研项目 (21K0701)

Fund: Equipment Technology Foundation Project (2019A0702); Equipment Technology Foundation Project (20AZ0703); Model Scientific Research Project (21K0701)

作者简介: 王川 (1985—), 男, 博士, 副研究员, 主要研究方向为航海人因工程。

Biography: WANG Chuan(1985—), Male, Ph.D., Associate researcher, Research focus: human factors engineering for navigation.

通讯作者: 徐胜航 (1980—), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向为航海标准化。

Corresponding author: XU Sheng-hang (1980—), Male, Master, Engineer, Research focus: navigation standardization.

引文格式: 王川, 冉令华, 徐胜航. 船舶操控台控制界面人机工程设计标准研究[J]. 装备环境工程, 2021, 18(8): 048-051.

WANG Chuan, RAN Ling-hua, XU Sheng-hang. Study on the design standard of control interface of ship control panel[J]. Equipment environmental engineering, 2021, 18(8): 048-051.

standardization of control interface of ship control panel.

KEY WORDS: control panel; control interface; ergonomic; standardization

船舶显控台是一个应用广泛的航海基础装备，主要用于指挥控制信息系统，是与操作人员交互最多的装备之一^[1]。显控台的使用过程是一个典型的人-机-环境系统工程过程，其中“人”是指操作人员，“机”是显控台本身，“环境”则包括显控台所处的舱室环境和船体的摇摆振动环境。目前，船舶装备逐渐从注重功能实现向注重“适人性”发展，对于船舶的操控台设计来说，人员的操作空间与人机交互设计是达成“适人性”要求的重要手段。因此，为了提高船舶显控台的“适人性”水平与操作效率，需要充分考虑人-机-环境系统工程中的影响因素，指导显控台的空间设计与人机交互设计。

技术标准是工程技术发展路径上的重要里程碑，技术标准是一项工程技术发展成熟的标志，同时，技术标准也能大大推动该项工程技术的推广应用效率。文中首先分析了操作人员在使用船舶操控台控制界面时的人机交互过程特点，以及影响人机交互的因素，然后梳理了现有标准，提出存在的不足，为船舶操控台控制界面人机工程设计标准的发展提出建议。

1 控制台操作人机交互过程分析

操作人员在使用船舶操控台时，主要与操控台的人机界面进行交互。操作者从控制界面获取必要的信息，分析后进行决策，并执行后续操作。操作人员的整个操作流程都可细分为一系列的决策判定过程，操作者从系统接收信息，分析后根据决策事项的类别，可以分为三类，分别为基于技能、规则和知识的决策过程^[2]，如图 1 所示。基于技能与规则的决策过程可以通过学习和训练来使操作者熟练掌握，而基于知识的决策过程通常指操作者遇到异常情况时，需要根据自身掌握的知识和获取的信息来综合分析，并作出正确选择。

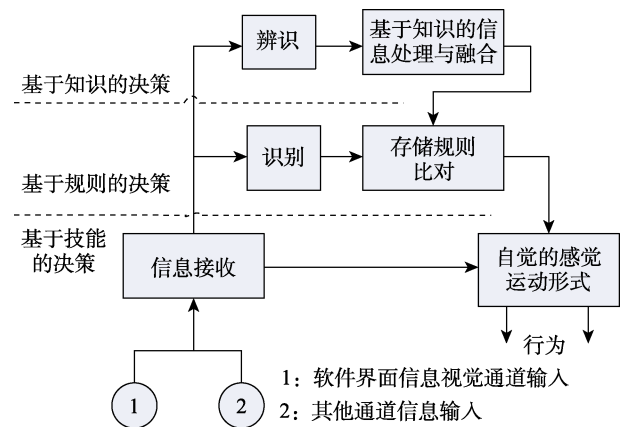


图 1 操作台人机交互过程
Fig.1 Human-machine interaction process of the console

2 控制台操作空间匹配性分析

为提高操控台的“适人性”，操控台控制界面的布局需符合操作者的物理测量数据，分析如下。

2.1 人的物理特性测量

人的物理特性是指人体作为运动系统时的尺寸特征，该项特征决定了人体操作设备时的活动范围，是设备设计时必要的参考依据。对人的物理特性的测量称之为人体测量学，通过测量人体各部位的尺寸，并确定个体与群体之间在尺寸上的差别。对于产品的设计来说，人体功能尺寸的测量尤为重要，因为这决定了人体的作业空间。如立姿双手功能上举高、立姿双手左右平展宽、坐姿前臂手功能前伸长等。通过测量群体的人体物理特性，并选择高百分位的人体尺寸参数，作为产品设计的约束，使得设计出的产品适合大部分人使用。

2.2 船员人体测量数据

我国在 1992 年制定了 GB/T 13547—1992《工作空间人体尺寸》^[3]，适用于与人体尺寸相关的操作、维修等工作空间的设计和评价。在 2002 年发布的 GJB/Z 131—2002^[4]中，给出了我国船员的人体测量数据，适用于显控台操作空间设计，该标准中的人体测量数据满足着装成年人群中人体尺寸的第五百分位（P5）至第九十五百分位（P95）的男性范围。

男性船员人体主要测量数据见表 1。其中原始数据是指标准测量过程中得到的裸体数据，即只穿内衣、标准姿势的尺寸；修正后数据是指在实际操作场景使用中的修正值，因为实际使用中要穿衣、戴帽、穿鞋，需要增加服装尺寸余量，而且姿势不会像标准测量那么端正，所以有一定的姿势修正量。

表 1 男性船员人体主要测量数据
Tab.1 Measured body data of male crew

	原始数据		修正后数据	
	P5	P95	P5	P95
a	1630.7	1794.3	a(1)1660.7	a(1)1824.3
b	1513.2	1674.8	b(1)1543.2	b(1)1704.8
c	868.6	958.4	—	—
d	761.2	857.6	—	—
e	520.7	602.7	e(2)533.7	e(2)615.7
f	483.3	548.5	f(1)513.3	f(1)578.5
g	382.0	438.0	g(1)412.0	g(1)468.0
h	130.3	169.5	h(2)143.3	h(2)182.5
i	419.7	499.3	—	—

3 国内外标准现状

我国在(军用/民用)船舶设备和系统的工效学方面已经开展了一系列研究,也制定了一系列的标准,涉及船舶人-机和人-环等方面。在人机方面,GJB 300—1987^[5]和GJB 301—1987^[6]分别给出了飞机平视和下视显示器字符的设计要求。GJB 878—1990^[7]给出了大屏幕显示设备的通用规范。HB 20097—2012^[8]介绍了航空装备中视觉信息、听觉信息和触觉信息的人机工程设计准则。GJB 1060.1—1991^[9]《舰船环境条件要求-机械环境》中给出了民用核动力船舶的冲击设计值,GJB 4000—2000^[10]《舰船通用规范 0 组-舰船总体与管理》规定了舰船多自由度摇摆和倾斜的参数。在表 2 中,给出了与操控台控制界面相关的标准。

表 2 船舶操控台控制界面工效学设计相关标准

Tab.2 Standards for ergonomic design of control interface of ship console

标准号	标准名称
GJB 2873199	军事装备和设施的人机工程设计准则
GJB/Z 131—2002	军事装备和设施的人机工程设计手册
GJB 3207—1998	军事装备和设施的人机工程要求
GJB 1446.1A—2005	舰艇系统界面要求
GJB 807A—200	飞机仪表板布局通用要求
HB 7289—1996	民用运输机座舱仪表、显示器及有关控制器
GJB 718—89	单座和列双座固定翼飞机座舱布局
HB 0099—2012	航空装备控制器人机工程设计准则
GJB 6765—2009	航天员系统对飞船工程设计的工效学要求与评价方法
GJB 1835—1993	装甲车辆人-机-环境系统总体设计要求

GJB 2873—1997《军事装备和设施的人机工程设计准则》规定了军用系统、子系统、装备和设施的人机工程设计准则,适用于所有军用系统、子系统、装备和设施的设计^[11]。GJB/Z 131—2002《军事装备和设施的人机工程设计手册》是 GJB 2873—1997 的配套标准,是为了 GJB 2873—1997 在军事装备和设施研制中的贯彻和实施^[12]。这两个标准中,对于控制器及控制器布局的设计均有一些涉及。除了国军标中的人机工程通用标准外,我国在航天航空控制器工效学方面也制定了相应的标准和规范。其中 GJB 807A—2008《飞机仪表板布局通用要求》^[13]、GJB 5918—2007《军航座舱交通信息显示及操作要求》^[14]、HB 7289—1996《民用运输机座舱仪表、显示器及有关控制器》^[15]主要针对飞机飞行仪表的操作、发动机仪表的布置、控制器的可靠性、防差错设计、航空装备的

控制器等方面提出了工效学设计要求。

从国外组织来看,国外涉及船舶驾驶室操控界面的标准主要包括:国际海事组织 IMO 于 2000 年制定的标准《船桥设备和布局的工效学指南》(MSC/Circ.982)^[16],内容涉及船桥(包括驾驶室)布置、作业环境、工作站布置、报警、控制界面、信息显示、交互控制等 7 个方面的驾驶室人机界面设计要求。国际海上人命安全公约 SOLAS 于 2007 年制定的标准《船桥设计、设备布局和程序》(SOLAS V/15)^[17],内容涉及驾驶室功能设计、航海系统及设备设计、布置、船桥程序等,其显著特点是对于驾驶室团队管理作出相关要求,包括船桥程序、船员培训等。

从各个国家来看,美、英等西方国家在军事系统工效学方面的研究已具有较大的规模,也制定了一系列军用标准。美国军方军事系统的人机工程学设计准则包括“人机工程系统的分析数据”(MIL.H.sl444)^[118]、“军事系统人机工程学设计准则”(MIL.STD.1472F)^[19],以及 1999 年修订的“人机工程过程和程序标准”(MIL.STD.46855A)^[20]。MIL-STD-1472 的第一版发布于 20 世纪 60 年代(1968 年),在第二次世界大战期间,当时各交战国竞相发展新的高性能武器装备,但由于人机界面设计上的不合理,人难以掌握这些新性能的武器,导致发生了许许多多事故。因此,二次大战结束后,首先美国陆航部队(以后成为美国空军)和美国海军建立了工程心理学实验室,进行了大量的控制器、显示器等的人因素研究,获得了大量的数据,并开始将这些研究成果汇编成手册或制订成各种有关人类工程学的标准或规范。MIL-STD-1472 就是在这样的时代背景下产生的。该标准是为军用系统、子系统、设备和设施制定通用人类工程学设计准则,由美国陆军、海军和空军等多个单位评审,美国国防部批准,并强制性要求美国国防部所有单位和机构使用,具有较广泛的影响。该标准在控制-显示综合和控制器章节有针对控制器通用设计规则的阐述。

美国在船舶人机工程领域的投入力度也较大,不但开展了一系列的船舶人机工程专项试验,而且颁布了多项船舶人机工程设计标准和文件,主要侧重于研究人机环境对船舶的战斗力的影响。其中,ASTMF 1166—88 海军系统装备和设施的人因素工程设计标准是一个通用型标准,涵盖了控制、显示和告警、楼梯和台阶、标识和计算机、工作空间布局等海军设计的所有元素^[21]。

英国国防部于 2005 年组织建立的船舶 SRDs 系统,对船舶人机界面涉及的多方面问题进行梳理和整合,将人机界面研究作为船舶系统设计的一个重要环节,以提高人机界面设计在船舶项目中的优先级别。英国国防部 2009 年的 MARS 项目计划,将早期人机界面设计干预纳入到舰艇设计系统中,并委任专业公

司进行舰艇人机界面设计评估, 并编制了评估报告。

4 标准研制建议

船舶人机系统是由船员、船员装备和船员环境组成的人-机-环系统, 船舶人机工程强调设备、环境如何更好地适应于人。作业人员通过操控台对全船的指挥系统进行操作和控制。加强船舶人机工程研究, 通过制订相关标准系统落实人机工程设计的原则和要求, 可有效提高我国船舶设计的安全性和高效性。

针对当前缺失船舶操控台控制界面人机工程相关标准的情况, 在深入分析船舶操控台控制界面人机交互特性, 借鉴国内外航空航天、核电站等领域相关标准的基础上, 提出了船舶操控台控制界面人机工程标准框架初步建议。船舶操控台控制界面人机工程设计标准主要内容包括船舶控制界面布局的基本原则、船舶控制界面功能分组、控制界面上各装置与操纵员特征耦合、船舶控制界面的一致性和对应关系以及船舶控制界面其他考虑因素等。

5 结语

文中系统分析了当前船舶操控台控制界面相关标准的国内外现状, 提出了研制船舶操控台控制界面标准的必要性, 并给出了初步的标准框架, 可为船舶操控台控制界面的设计和优化改进提供依据。根据船舶操控台控制界面人机工程标准进行设计, 其界面会更为合理, 更加适合操纵人员的生理心理机能, 从而会大大减轻船舶作业人员的作业负荷, 提高操作效率, 降低失误率, 充分发挥装备的综合效能。

参考文献:

- [1] 刘权, 龚三, 周佳. 舰船人机工程在舰船战斗力中的地位与作用[J]. 船舶, 1999(4): 44-47.
LIU Quan, GONG San, ZHOU Jia. The status and role of warship ergonomics in the combat effectiveness of ships[J]. Ships, 1999(4): 44-47.
- [2] RASMUSSEN J. Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics 1983, 13(3): 257-266.
- [3] GB/T 13547—1992, 工作空间人体尺寸[S].
GB/T 13547—1992, Human dimensions in work-spaces[S].
- [4] GJB Z131—2002, Human engineering design handbook for military equipment and facilities[S].
- [5] GJB 300—1987, 飞机平视显示器字符[S].
GJB 300—1987, Aircraft head-up display characters[S].
- [6] GJB 301—1987, 飞机下视显示器字符[S].
GJB 301—1987, Aircraft downward display characters[S].
- [7] GJB 878—1990, 军用大屏幕显示设备通用规范[S].
GJB 878—1990, General specification for military large screen display equipment[S].
- [8] HB 20097—2012, 航空装备信息显示人机工程设计准则[S].
HB 20097—2012, Aeronautical equipment information display ergonomic design guidelines[S].
- [9] GJB 1060.1—1991, 舰船环境条件要求 机械环境[S].
GJB 1060.1—1991, Environmental requirements for ships—Mechanical environment[S].
- [10] GJB 4000—2000, 舰船通用规范 0 组 舰船总体与管理[S].
GJB 4000—2000, General specification for naval ships part 0—ship overall characteristics and management[S].
- [11] GJB 2873—1997, 军事装备和设施的人机工程设计准则[S].
GJB 2873—1997, Ergonomic design guidelines for military equipment and facilities[S].
- [12] GJB/Z 131—2002, 军事装备和设施的人机工程设计手册[S].
GJB / Z 131—2002, Ergonomic design manual for military equipment and facilities[S].
- [13] GJB 807A—2008, 飞机仪表板布局通用要求[S].
GJB 807A—2008, General requirements for aircraft dashboard layout[S].
- [14] GJB 5918—2007, 军航座舱交通信息显示及操作要求[S].
GJB 5918—2007, Military cockpit traffic information display and operation requirements[S].
- [15] HB 7289—1996, 民用运输机座舱仪表、显示器及有关控制器[S].
HB 7289—1996, Civil transport aircraft cockpit instruments, displays and related controllers[S].
- [16] MSC/Circ.892, 船桥设备和布局的工效学指南[S].
MSC / Circ.892, Ergonomic guide for ship bridge equipment and layout[S].
- [17] SOLASV, 船桥设计、设计布局和程序[S].
SOLASV, Bridge design, design layout and procedures[S].
- [18] MIL.H.s1444, 人机工程系统的分析数据[S].
MIL.H.s1444, Ergonomic system[S].
- [19] MIL.STD.1472F, 军事系统人机工程学设计准则[S].
MIL.STD.1472F, Military system ergonomic design guidelines[S].
- [20] MIL.STD.46855A, 人机工程过程和程序标准[S].
MIL.STD.46855A, Ergonomic process and procedure standards[S].
- [21] ASTM F1166—88, 海军系统设备和设施的人因素工程设计[S].
ASTM F1166—88, Human factor engineering design of naval system equipment and facilities[S].