

人因工程在舰载态势生成系统中的应用设计

黄银园,田东雨,田 胜

(南京电子技术研究所, 南京 210039)

摘要:人因工程在舰载态势生成系统中的应用集中体现为人机交互设计,包括台位配置布局、界面显示、协同交互、硬件结构设计等方面。围绕态势生成作战人员在各种复杂环境中面临的认知分析、推理、决策困难等问题,将态势感知理论应用到人机交互设计流程中,尤其是辅助决策显示模块。同时,以某舰为例给出了设计样例,为态势显示和人机交互设计提供参考。

关键词:态势生成;人机交互;人因工程;辅助决策

中图分类号: TN973.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-7859(2020)09-0008-05

引用格式: 黄银园,田东雨,田 胜. 人因工程在舰载态势生成系统中的应用设计[J]. 现代雷达, 2020, 42(9): 8-12.

HUANG Yinyuan, TIAN Dongyu, TIAN Sheng. Application of human factors engineering in naval situation generation system[J]. Modern Radar, 2020, 42(9): 8-12.

Application of Human Factors Engineering in Naval Situation Generation System

HUANG Yinyuan, TIAN Dongyu, TIAN Sheng

(Nanjing Research Institute of Electronics Technology, Nanjing 210039, China)

Abstract: Implementation of human factors engineering on ship-based situation generation system reflects on the human computer interaction design, including arrangement of staff console, interface display, collaborative interaction, design of hardware structure, and so on. Focusing on cognitional analysis, deduction and decision problems that may be encountered by war fighters in charge of situation generation system, this article applies situational awareness theory to the process of human computer interaction design, especially in the aid decision making display module. An example of a shipboard is given to demonstrate the design idea for situation display and human computer interaction for references finally.

Key words: situation generation; human computer interaction; human factors engineering; aid decision making

0 引 言

为适应舰艇编队未来作战样式变化、新型作战对象、复杂作战环境等需求,舰载装备实现了射频、光频和声频等综合集成,形成态势生成系统。集成系统功能复杂,工作模式动态多变,能够完成空、海、水下、电磁、光电信息等综合处理,传感器调度,目标识别,情报分析,威胁判断,态势评估等功能。完成观察、定位、决策、执行环中的观察和判断两个环节。

操作决策人员与系统之间的有效融合是影响作战任务效能的关键。在纷繁复杂的战场环境、瞬息万变的作战态势中,快节奏的态势演变需要人-机高效(协同)融合,结合人的拓展认知能力和在复杂环境下对态势的精确理解能力,将人的决策加入系统算法之中,并与之匹配^[1],从而提高人与系统之间的交互融合能力。分析决策是一个复杂的心理认知推理过程,因而设计系统时应充分考虑人因要素,包括人的认知、心理生理特性、能力特点等,将人、环境和装备系统实现最

优匹配,进而使整个系统更加高效、敏捷。这个过程涉及信息的输入、处理、输出、控制和反馈,以及人-机-环境系统的整体设计和优化^[1-5]。

作为人与系统协同的窗口,人机交互系统是人因工程应用的集中部位^[3,5-6]。交互系统的好坏直接影响态势生成的作战效能,但是现有的系统存在一些不足。根据部队反馈,在作战、试验、值班等使用期间,存在推理决策过程困难,作战使用、操作流程繁琐,台位配置不够灵活,人员因疲劳、失误等因素易导致漏情、错情,显示要素组织不够优化,操作人员心理负荷较重等问题。具体包括以下五个方面:

1) 台位设置和布局^[7]。台位类型、数量等设置不够合理,人员工作负荷不均衡。存在部分台位人员任务压力过大,配置数量不够,而另一部分台位利用率低的问题;同时,台位使用的灵活性不够,单个台位故障影响作战任务,不能满足不同作战场景的动态变化;并且,团队内人与人之间的沟通不够便利。

2) 出现漏情、错情。在长时间连续工作环境下,操作员易因疲惫导致漏情和错情;在复杂电磁环境,全方位、多维度、高密度、多目标等作战场景下,由于信

息数量繁多、工作量大等问题,导致注意力不够集中,进而漏情、错情;除此之外,重要、异常、关键信息和事件告警等事件的提醒不明显^[7]也会导致漏情、错情。

3) 分析决策困难。缺乏决策支持信息和决策依据^[8],操作时机、操作项目不准确。

4) 态势表达不直观,难以理解。要素组织不够优化,信息显示过量,认知负担过重;要素中未突出角色任务的焦点和重点;图符、图标等缺乏战术和态势表达能力,文字、图标、图符、要素、视图等界面显示要素和格式不易被人理解感知^[9]。

5) 交互不便捷。人机交互操作流程复杂、步骤多、反应时间长,不符合人员作战使用习惯等。

通过对以上现状的分析,现有的系统设计,特别是人机交互设计中,未将人的因素充分考虑进去,因而在进行新的设计时需要增加人因工程应用方面的设计。

1 人因工程在态势生成中的应用

1.1 人因工程概述

人因工程主要研究特定任务背景下人-机器-环境之间的相互作用,是使系统、环境等设计更加符合人

的生理、心理等的一项工程^[3-4,6-7,9],主要涉及心理学、生理学、生物力学等科学领域。

人因工程学关心的是系统设计与人员的生理和心理特征是否一致,研究领域一般可以分为生理人因学、认知人因学、组织人因学等。生理人因学更加关注生理、生物力学特征等因素,在态势生成领域主要应用于台位的物理设计和结构设计,以减轻生理压力,使工作环境更加舒适。组织人因学更加关注组织机构等因素,在态势生成的系统设计中主要应用在台位布置、舱室布局 and 团队组织建设,使团队更方便协同作战。认知人因学更加关注认知过程,如感知、记忆、推理和响应等,包括脑力负荷、决策过程、操作、人机交互、人的可靠性、工作压力等方面,影响着人机系统的设计。

1.2 态势感知模型

态势感知这一概念源于航天飞行领域的人因研究,在人因认知领域最具代表性的就是 ENDSLEY M R 等^[4]提出的态势感知理论模型。其定义的态势感知是从时间和空间的角度获取环境中的各种要素,理解这些要素并对其未来的状态进行预测的过程。态势感知理论模型如图 1 所示。

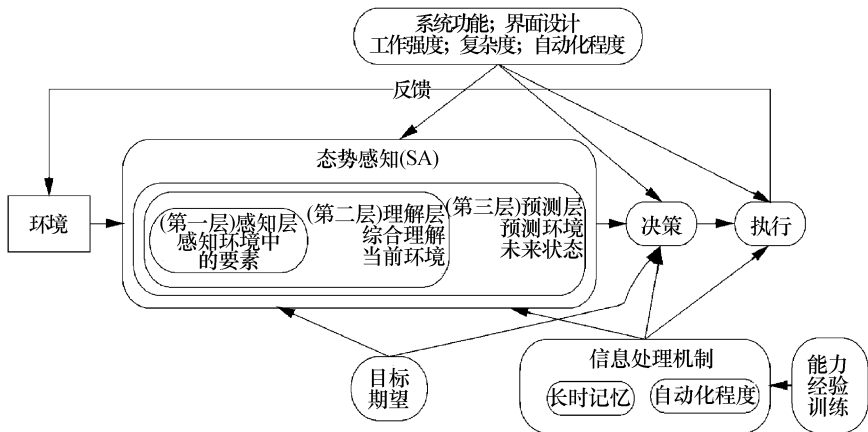


图 1 态势感知理论模型

由图 1 可知,态势感知包括三个层次:感知层、理解层、预测层^[3-4,10]。感知层是对环境中的各种成分要素的状况、属性及动态特性进行感知;理解层是基于感知层各成分的综合,衡量要素的重要程度,并将要素综合理解;预测层是在感知层和理解层的基础上,预测要素下一步的状态和行为。态势感知的过程充分利用了人的感觉记忆、短时记忆和长时记忆能力,最终目的是对决策的制定和任务的执行提供支持。

1.3 态势生成因人因工程应用

态势感知理论产生于航空飞行和军事领域,用于支持飞行员和指挥官的快速决策。这些领域内的决策任务具有很强的时限性和空间特征,需要在短时间内观察环境的各要素及其变化,理解这些要素并预测态势的下一步状态,以进行决策的制定和执行。在这些

场景下,态势感知的优劣程度决定了决策的准确性。因此,态势生成系统设计过程需要引入人因工程,特别是态势感知理论,优化改进态势显示和人机交互设计,使界面设计更匹配用户的认知模型和认知心理,满足并支持态势生成各阶段的快速决策,更好地发挥人员的潜能,提升装备系统的综合效能^[11]。

为优化和改进现有系统存在的不足,本文提出了面向作战任务,基于态势感知理论,以作战对象、角色任务、人机交互技术等为要素的态势显示和人机交互设计流程与方法。

2 舰载态势生成因人交互设计流程

舰载态势生成因人交互设计流程如图 2 所示,人因工程的理念贯彻于舰载态势生成因人交互设计的各

环节。其中,在进行台位角色任务分析与人机交互设计过程中,充分应用了态势感知模型^[10]。本节重点描述应用态势感知模型进行台位任务分析、台位界面显示和人机交互设计。

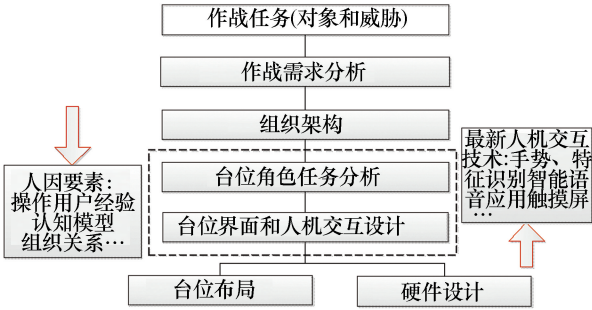


图2 舰载态势生成人机交互设计流程

2.1 台位任务分析

台位任务分析将台位功能性能需求转换为操作序列场景。通过任务分解,形成操作决策活动应具备的态势感知各个层次的显示要素等需求,并分析提取关键任务以及对任务具有价值的特征属性、事件和要素等。

任务分析的要点:

- 1) 基于文献[4]态势感知模型开展任务分解,细化定义每个子任务需感知的三个层次(感知层、理解层、预测层)信息和执行的交互行为等需求。
- 2) 梳理时间压力大、复杂动态的决策形成关键任务。
- 3) 提取关注事件等,形成告警信息。

通过任务分析,形成构成整个岗位人机交互界面的要素集合及其关系,包括人机界面所需的控制、显示和报警等设计内容。

2.2 台位人机界面和交互设计

基于态势感知模型开展人机界面和交互设计,满足决策人员高效地获取态势感知所需信息,缩短认知和决策时间,降低认知负荷,提高操作决策的准确性和效率的需求,实现“认知更易、决策更准、交互更快”的设计,支撑角色高效地完成任务^[8-9]。

台位人机交互界面设计要点包括:

- 1) 人机界面和交互设计支持人-人、人-机协同分析与协同会商作战。
- 2) 信息组织集成。面向不同的任务,分类、分层、分级组织管理信息要素,避免数据过载,克服记忆力瓶颈。
- 3) 态势显示。突出重点,降低注意力频繁切换;信息显示层次、优先次序、时机和层现位置准确合理;重要信息增强显示,提醒和强化操作员及时关注感知;要素重要属性、特征变化加强显示;界面布局、可视化视图、视图交互、场景要素、显示格式^[11]等直观清晰,术语等标准化,符合用户认知能力和认知过程;图形化

展现抽象数据。

4) 告警设计。重要、异常事件和目标异动等告警^[9],充分调动舰员的注意力,降低错情和漏情。

5) 交互设计。以用户使用的自然性和高效性为目标,通过流程优化、智能推送等手段,减轻工作负荷,提升交互的自然性。

3 舰载态势显示和人机交互设计示例

下面以某舰态势生成为示例,开展面向任务、基于人因工程的态势显示和人机交互系统设计。

3.1 台位配置

台位设置面向作战任务,设置多个不同的台位类型。

1) 架构开放、功能重构

台位基于“集成框架+插件化”的开发集成模式,采用“面向任务、架构开放、信息共享”的架构设计,实现台位功能动态重构,提高任务可靠性,均衡人员工作负担,提高各物理台位的复用率,提升应对饱和任务的能力。

2) 台位分配

设计时,将台位的使用与工作模式相关联,根据典型作战场景配置相应的台位数量。主要考虑作战任务实时性、任务并行数、作战环境、系统自动化处理水平,人员的能力特性、认知能力、工作负荷等因素。在任务确定的情况下,场景复杂度、系统自动化程度和操作人员经验等就成为了决定台位配置数量的主要因素。

在面对饱和攻击、复杂环境等作战场景时,存在台位数量紧张的困境,可通过调整任务分配(如台位重构)来满足任务需求,也可增加辅助决策显示功能来缓解操作人员的压力。

3.2 辅助决策显示

辅助决策显示设计基于自然决策理论^[2-5]和态势感知模型,通过提取组织系统信息,在确切的时间、合适的位置,以易于理解的格式进行显示。

根据态势生成过程中“意图分析、敌我识别、威胁判断、情报分析、态势分析”等不同任务的决策需求,提供判据、统计、规则等推理、决策知识相关的信息;采用多视图策略,将要素信息、统计综合数据、推理决策知识等按照视图间的关联性、解释性、逻辑性和过程性^[10]进行组织显示。根据决策类型的不同,提供相对应的支持信息。

1) 敌我识别类决策过程:提供决策结果是“敌”的判断分析证据和理由;同时,提供决策结果是“我”的判断分析证据和理由,供人员进行分析识别。

2) 对打击效果评估类决策:提供显示目标雷达一维像;光电、侦察探测图像等目标特征信息作为决策依据。

3) 解释型决策:提供产生事件的推理假设过程等

信息。

- 4) 逻辑型决策:提供规则等支持信息。
- 5) 概率型决策:提供统计数据等信息。
- 6) 模糊型决策:融合多种类型决策推理信息,包括模板、经验知识等。

3.3 高密度态势要素组织显示

在复杂的电磁环境和全方位高密度态势场景中,如何让操作员在实时海量态势信息中高效甄别重要、异常情报,掌握态势,及时关注并实时感知理解动态环

境,需要对态势信息进行分类分层组织;同时,依据要素对任务和角色的价值进行分级显示,解决态势海量信息的需求与人有限的脑记忆和注意力的矛盾。

1) 态势要素分类分层组织管理

态势要素信息采用分类分层管理方法。综合态势组成要素包括动目标信息、战场环境信息、规划信息、分析评估^[12]信息、装备能力、情报信息、系统状态等,如图3所示。

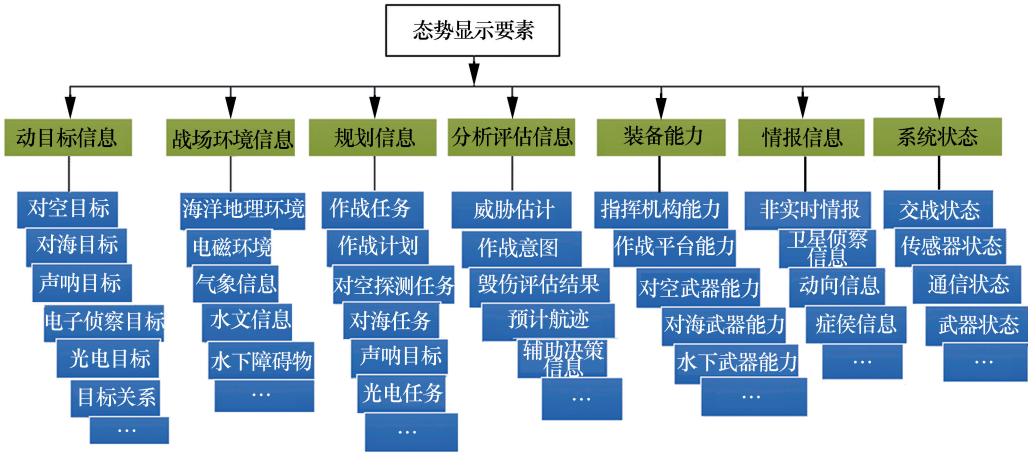


图3 信息分类分层

2) 高密度态势显示

态势显示主要采用以下四种方式：
(1)基于信息对当前角色和任务的重要程度,对态势要素信息进行分层、分类、分级过滤显示,对有价值的信息进行增强显示。

(2)采用层次细节模型,根据缩放比例大小分层显示要素和细节。

(3)同类信息可采用聚合显示,密集场景下动目标标牌采用自动避让的方式显示。

(4)针对关键目标和关键信息,基于多视图策略分解复杂信息,采用宏观展示和细节描述^[10]相结合的方式对信息进行多维度立体展示。

3.4 重要目标特征信息直观显示

重要威胁目标始终显示,将目标的重要信息在固定位置呈现,避免因位置的移动和变化而增加追踪动态视图过程中对人造成的额外认知负担。

设计示例如图4所示。威胁目标始终显示在主视图区域最下方位置的最上层。根据目标的威胁等级或重要程度,从左至右使用不同颜色依次排列,目标框内只显示该目标的重要特征和属性,以合适的颜色和图符突出显示,以增强对重要信息的注意力。图中红色为威胁度最高的目标。目标最重要的动态特征,如高度和航向等状态变化,在显示模块上直观显示。

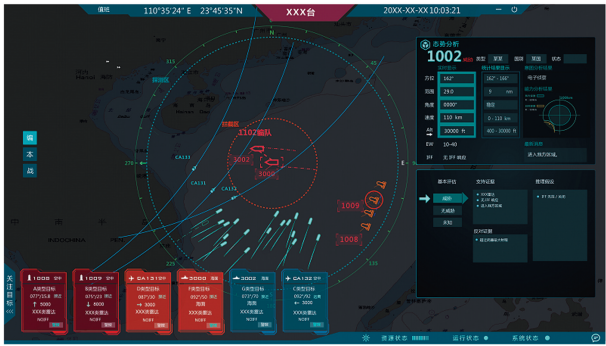


图4 重要信息直观显示

3.5 自然人机交互应用

由于舰载装备长期在海上作业,存在风浪大、摇晃剧烈等因素,其人工操作控制遇到很大的困难。因此,应用语音交互、语言告警、触控、手势等自然人机交互技术来提高操控效率。

1) 异常、威胁告警提示:对重点、威胁、异常目标,关键事件,目标异动,复杂环境等特情进行声音等告警,提醒操作员关注感知,降低错情和漏情。

2) 语音操控:语音命令等,提高舰载特殊环境的操控效率。

3) 触控、手势、人脸识别等多通道交互技术应用,提升交互的自然性。

4) 信息智能推送:根据作战流程、战场环境和目标属性的需要,进行各类信息的智能推送。“事件”的

实时推送,及时推送描述事件性质的态势;“异动”目标信息的推送,异动目标各特征信息推送,包括目标基本信息、运动特性信息、电磁特性信息、作战特点等推送;“异常环境”信息推送,包括干扰特性窗、A 显特征信息等推送显示等帮助态势感知。

4 结束语

随着装备功能、性能水平逐步提高,为了有效提升装备的作战性能,更好地服务于作战应用,在装备系统设计时需要考虑“人因要素”。

态势显示和人机交互基于“面向任务、基于人因工程”的设计原则,使人因工程贯穿于台位配置、布局、台位任务分析、态势显示和人机交互设计等全过程,优化使用人员、系统、作战环境三者之间的关系。特别是应用态势感知理论,设计开发辅助决策显示模块,简化态势生成态势分析、综合识别、威胁评估、态势研判等决策过程^[13],结合自然人机交互技术应用,提升人与系统的协同效率。

在后续的态势显示和人机交互设计中,应加强多平台、多层级人-人团队协作分析决策能力的开发,提升系统的作战效能。

参 考 文 献

[1] 刘 伟. 智能与人机融合智能[J]. 指挥信息系统与技术, 2018, 9(4): 1-7.
LIU Wei. Intelligence and human-computer fusion intelligence[J]. Command Information System and Technology, 2018, 9(4): 1-7.

[2] EVANS J, RUSSONIELLO C, POUQATCHEV V, et al. Development of a mobile naturalistic cognitive assessment [J]. Applied Psychophysiology and Biofeedback, 2014, 39(3/4): 313-313.

[3] MOORE R A, QUINN M L, MORRISON J G. A tactical decision support system based on naturalistic cognitive processes[J]. Human Factors & Ergonomics Society Annual Meeting Proceedings, 1996, 40(17): 868-868.

[4] ENDSLEY M R, ERIK S. Situation awareness: state of the art[C]// Proceedings of Power and Energy Society General Meeting-Conversion & Delivery of Electrical Energy in 21st Century. Pittsburgh: IEEE Press, 2008: 1-4.

[5] LIPSHITZ R, KLEIN G, OASANU J, et al. Taking stock of naturalistic decision making[J]. Journal of Behavioral Decision Making, 2001, 14(5): 331-352.

[6] SALMON P, STANTON N, WALKER G, et al. Situation awareness measurement: a review of applicability for C⁴I en-

vironments[J]. Applied Ergonomics, 2006, 37(2): 225-238.

[7] 陈 霞,刘 双. 海军装备领域人因工程研究现状及发展[J]. 舰船科学技术,2017, 39(4): 8-13.
CHEN Xia, LIU Shuang. Present status and trend of naval equipment human factors engineering[J]. Ship Science and Technology, 2017, 39(4): 8-13.

[8] AI-YAHYA M, AI-KHALIFA H, BAHANSHAL A, et al. An ontological model for representing semantic lexicons: an application on time nouns in the holy Quran[J]. Arabian Journal for Science and Engineering, 2010, 35(2): 21-35.

[9] LIPSHITZ R. Decision making in three modes[J]. Journal for the Theory of Social Behaviour, 2007, 24(1): 47-65.

[10] 吴佳鑫,王健海. 基于态势感知理论的可视化感知模型[J]. 现代图书情报技术,2010 (7/8): 9-14.
WU Jiaxin, WANG Jianhai. A visualization awareness model based on situation awareness theory[J]. New Technology of Library and Information Service, 2010 (7/8): 9-14.

[11] 廖 镇,王 鑫,刘 双. 人因工程在指挥控制信息系统中的应用研究[C]// 第五届中国指挥控制大会论文集. 北京:中国指挥与控制学会,2017: 58-62.
LIAO Zhen, WANG Xin, LIU Shuang. Application of human factors engineering in command and control[C]// Proceedings of 5th China Command and Control Congress. Beijing: Chinese Command and Control Institute, 2017: 58-62.

[12] 程晓雪. 海战场综合态势构建与同步方法[J]. 指挥信息系统与技术, 2016, 7(3): 53-57.
CHENG Xiaoxue. Construction and synchronization method of comprehensive situation in sea battlefield[J]. Command Information System and Technology, 2016, 7(3): 53-57.

[13] 蔡益朝. 态势评估中的兵力聚合技术研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2006.
CAI Yizhao. Research on force aggregation technology in situation assessment[D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2006.

作者简介:

黄银园 女,1967 年生,大学本科,研究员级高级工程师,研究方向为态势显示与人机交互、雷达显控等;
田东雨 男,1994 年生,硕士,助理工程师,研究方向为态势显示与人机交互、雷达显控与作战管理;
田 胜 男,1986 年生,硕士,工程师,研究方向为人机交互设计。