

doi: 10.7690/bgzd.2025.05.001

基于认知模型下的雷达工作方舱人机界面空间布局

李晨博, 齐根华

(陆军炮兵防空兵学院郑州校区, 郑州 450000)

摘要: 为提升雷达工作方舱人机交互效率, 提出舱室人机界面认知模型。对 S-O-R 模型、SRK 模型、信息处理模型等常用认知模型进行分析, 并依据舱室人机界面认识模型分别对舱室中现有显示器位置、操纵器布局、通信装置位置等设备进行分析、研究, 形成改进方案。结果表明, 该方案可为下步雷达工作方舱的舱室设计提供参考。

关键词: 人机交互; 认知; 舱室人机界面模型; 雷达工作方舱

中图分类号: TN957 **文献标志码:** A

Space Layout of Man-machine Interface in Radar Shelter Based on Cognitive Model

Li Chenbo, Qi Genhua

(Zhengzhou Campus of Army Artillery Air Defense Corps College, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: In order to improve the efficiency of human-computer interaction (HCI) in radar shelter, a cognitive model of human-machine interface (HMI) is proposed. The common cognitive models such as S-O-R model, SRK model and information processing model are analyzed, and the existing display position, manipulator layout, communication device position and other equipment in the cabin are analyzed and studied according to the cabin human-machine interface cognitive model, and the improvement scheme is formed. The results show that the scheme can provide a reference for the next radar shelter design.

Keywords: human-computer interaction; cognition; cabin man-machine interface model; radar working shelter

0 引言

人的情绪在受到生理和心理双重影响时会变得不稳定, 这就导致经常发生人为失误。通常来说, 在日常生活中, 说错一句话、敲错一个字、做错一件事等都是人为失误的表现形式, 这些人为失误一般不会酿成严重的后果, 易被人忽视。在精确度要求很高的雷达工作舱室人机界面中, 很小的人为失误都有可能对战斗结果造成巨大的影响。尤其是现代战争环境瞬息万变, 人为失误会导致雷达工作舱对空中目标的侦察预警不准确, 严重影响指挥员的决策, 进而造成战争失利。笔者基于认知模型对雷达工作方舱人机界面空间布局进行分析, 能够有效降低人因失误率, 确保空情侦察预警的准确率。

1 常见的认知模型

人的认知行为在人因可靠性分析中通过建立认知模型来进行描述, 认知模型采用半结构化方式从理论上阐明人为失误的发生和发展^[1]。在心理学方面, 为人因可靠性分析角度的研究提供了理论支持。

1.1 S-O-R 模型

S-O-R 模型是传统心理学, 以人的感知、信息

处理、动作 3 种认知行为^[2]为基础构建的经典认知模型。S 代表刺激输入, 指外界对人体给予的刺激, 被人体感觉器官感应后传递给大脑; O 代表思维组织, 指大脑接收到感觉器官传递的刺激后, 经思维功能对刺激进行分析判断, 想出对策, 制定行动计划, 并向运动器官发出指令; R 代表行为反应, 指运动器官接收到大脑传达的指令后, 做出相应的动作。

S-O-R 模型简明地描述了人的认知行为, 结构比较简单, 被绝大多数人理解, 为后续认知模型的发展研究打牢了基础。

1.2 信息及信息处理模型

信息处理模型考虑了人心理因素对认知过程影响的同时, 比较详细地对人的认知行为过程进行了描述, 非常具有代表性。从认知心理学出发, 使用认知模型对雷达舱室操作员的观测、操作过程进行分析, 以信息处理理论对雷达舱室操作员注意、选择信息、利用信息做出决策、执行决策等进行分析。通过对人的知觉、思维、注意、言语等进行研究, 进而对人的信息获取和处理过程、人的信息传递能力等具有一定了解, 在人机界面空间布局方面具有

收稿日期: 2024-08-02; 修回日期: 2024-09-03

第一作者: 李晨博(1994—), 男, 河南人, 硕士。

重要指导意义。

1.2.1 信息

获取信息能够消除人认识的不确定性, 获取的信息量越多, 消除的不确定性越多。消息中所含信息量的大小与该消息出现的概率函数相关^[3], 即消息出现的概率越大, 该消息所包含的信息量越少, 消息中所含信息量 X 与该消息出现的概率 $P(x)$ 之间的关系如下:

$$X = \log_a \frac{1}{P(x)} = -\log_a P(x)。 \quad (1)$$

式中 a 确定了信息量的单位, 常采用 bit 作为信息量单位, 取 $a=2$ 。1 bit 的信息量就为 2 个独立等概率事件消除全部不确定性所需的信息量。

$$X = \log_2 \frac{1}{1/2} = \log_2 2 = 1 \text{ bit}。 \quad (2)$$

如果信息源输出 n 个等概率出现的消息, 等概率出现的消息之一的信息量 $\ln f$ 等于消息数的对数。

$$\ln f = \log_2 n。 \quad (3)$$

1.2.2 信息处理模型

如图 1 所示, 信息处理模型从信息输入、传递、分析、决策等流程角度对人的认知过程进行描述, 认为人的认知过程就是信息流动的过程。

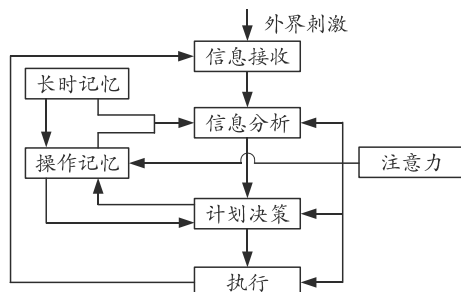


图 1 信息处理模型

人的感觉器官受到外界刺激后, 由信息接收模块对人身处情景环境信息进行获取, 信息分析模块则是对获取到的信息进行判断, 筛选出有用信息, 并依据获取的信息对系统状态进行判断, 最后做出相应的计划决策并执行^[4]。整个过程中, 记忆系统对相关资源进行储存, 注意力则是保证在处理某项任务时, 使操作人员集中精神, 都起到辅助作用。

1.3 SRK 模型

在人机环系统中, 人通过感觉器官对机器、环境等外界信息进行感知, 经过对外界信息的了解和判断后, 通过自身经验和策略对获取信息进行分析,

之后做出决策, 再由运动器官执行, 从而改变机器的运行状态或人所处的环境^[5]。Rasmussen 在 1983 年提出了 SRK 模型, 即技巧-规则-知识的认知控制模型, SRK 模型的结构如图 2 所示。

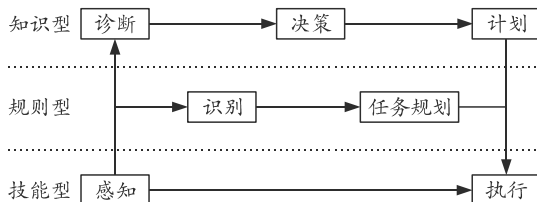


图 2 SRK 模型

技能型行为指操作人员对所处情景环境十分熟悉, 往往能够只凭直觉、经验, 不假思索地做出相应动作, 是一种近似本能反应的行为模式。此行为模式中, 操作人员对自身任务非常熟练, 基本不需要经过思考就能完成操作。该模式从认知到执行动作中间步骤最少, 处理速度也最快, 但对操作人员的能力水平和从业经验有很高要求。

规则型行为同样是在操作人员对所处情景环境十分熟悉的情况下, 所采用的一种行为模式。此行为模式中, 操作人员在感觉器官感知外界信息后, 对获取信息先进行识别, 识别信息后对选择所需要的规程, 按照规程步骤执行任务。该行为模式主要是在从业经验不足或刚从事此职业, 对操作实践了解掌握不够的情况下采用。

知识型行为指整个操作规程不确定, 操作员没有任何参考, 甚至是在一个全新的情景环境中, 所采用的一种行为模式。此行为模式中, 任何操作都没有详细的规程进行指导, 操作员只有依靠自身能力和丰富经验对获取信息进行分析判断, 然后制定计划决策, 并按照决策计划执行操作。

在整个 SRK 模型中, 知识型行为是最复杂的行为模式, 该行为模式完全是在未知的情景下, 通过操作员对外界获取的信息进行自我认知判断之后, 在原有规则基础上创造出新的规则, 以满足在当下未知情景中实行操作, 执行任务。

2 舱室人机界面认知模型

舱室人机界面主要包括软件界面和硬件界面。人机界面是操作员与系统进行信息交流的载体, 涉及到操作人员的生理、心理和情感, 分别对应人的生理、认知和精神 3 层面^[6]。其中生理层面是整个人机界面交互的基础, 通过人的生理特征对舱室显示器的呈现、控制器的分布、操作方式的应用等进行研究, 是人机信息交换的客观基础, 直接影响

操作人员对舱室设备操控的难易程度。

认知层面主要是指操作人员对接收信息的处理，也是人机交互的本质，关系到信息传达的有效性，依据人的认知特性，对舱室空间布局进行指导，使舱室人机界面空间布局更加易学、易用、高效、避错，对人机交互效率能够起到极大的提高，如图 3 所示。

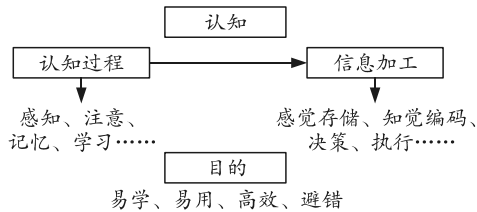


图 3 认知层面

如图 4 所示，精神层面属于人机交互的最高层

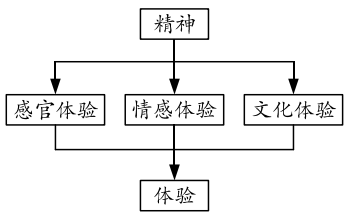


图 4 精神层面

笔者主要针对人的认知特性对雷达工作方舱的人机界面空间布局进行研究，以提高人机界面的信息交互效率。以人的信息加工处理机制为基础构建认知模型，该模型从心理学的角度^[7]对舱室操作人员的观察、操作过程进行表示，如图 5 所示。

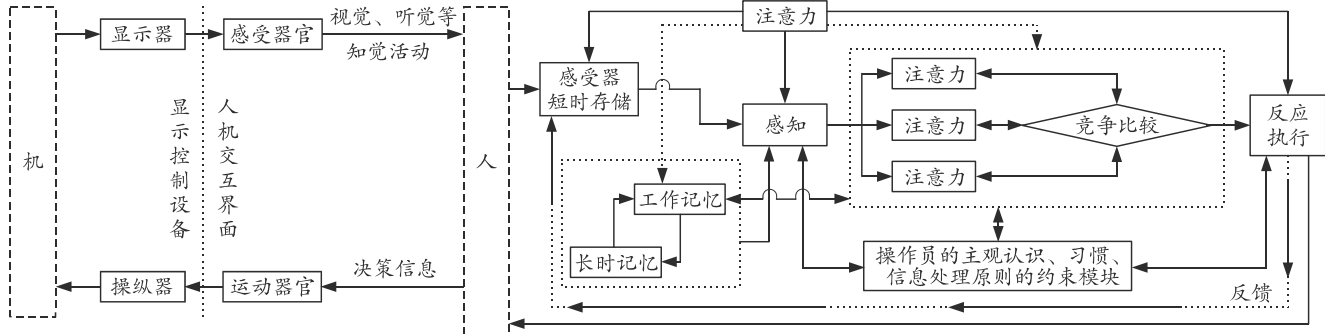


图 5 舱室人机界面认知模型

整个认知过程是在舱室操作环境中实现的，操作人员通过选择性注意，利用视、听觉等感受器官，对人机界面中机器的显示器进行观察，了解系统运行情况，感受器进行感觉的短时存储、加工，通过与工作记忆中的任务、要求、目标等信息和长时记忆中的知识、规则、经验等模式结合进行信息加工处理^[8]。信息交由直觉层、模板层、推理层共同处理。直觉层为信息的前馈方式，主要指操作人员对操作内容十分熟练，能够不假思索地做出反应并执行，是最为快速的认知处理方式，操作行为直接受感觉控制，基本属于大脑的无意识行为。模板层主要指在感知信息后要同工作记忆和长时记忆中存在的规则与模板相结合从而进行决策和操作，在模板层知觉是有意向性的^[9]，依据已有的规则进行操作。推理层是最为复杂的认知活动，不但要结合工作记忆和长时记忆了解、分析系统状态，而且需要操作人员依据自身的知识和经验进行推理。通过直觉层、模板层、推理层 3 层的竞争与协作，比较器得出最终的决策方案并执行。信息的获取、加工和执行，均要与操作人员的主观认知、习惯、处理原则相交

互。在整个过程中，感应、感知、决策和执行都需要注意力的消耗。

直觉层作为信息的前馈方式，能直接将决策方案交由比较器进行执行，整个处理过程消耗认知资源少，速度最快但效率最低。模板层和推理层将输入信息与规则、操作人员自身经验等约束模块相结合，进而找到或推理出更好的决策方案交由比较器执行。推理层因需要与直觉层、模板层和操作人员约束模块进行交互，所以耗费认知资源最多，速度慢，但效率最高。模板层介于直觉层与推理层之间。

3 雷达工作方舱人机界面布局

侦察警戒雷达系统装备在架设完毕后，操作员需在雷达工作方舱中时刻观察系统显示器所提供的空情信息，操作员在整个过程中主要进行的任务有发现目标、录取、编批、分批、合批、上报等。在发现空情目标后，操作员要立刻使用操作装置对新目标进行处理，整个舱室的操作装置有键盘、鼠标、通信设备等，应对不同的目标性质，进行相对应的

操作。不同的操作之间存在相关性,将系统的不同功能按照顺序和关联度将操纵器和键盘的快捷键进行重新布局^[10],缩短操作员的认知过程,就能够大大提升工作效率,为空中火力拦截提供更多的时间。

3.1 显示器空间布局

警戒雷达工作舱室的主要显示器主要有录取终端界面、监控终端界面。监控终端主要对雷达各个分系统的工作状态进行实时监控,对发现整个雷达系统不能正常工作时的故障和问题及时维修、排除,确保雷达正常工作。录取终端主要对雷达探测范围的空情进行侦察、预警,及时发现入侵之敌,进行录取、编批等一系列操作,并将来袭目标信息由通信系统实时传输给作战指挥室,帮助指挥员进行作战决策。

水平方向上,人眼的水平视野最佳角度为左右各 15°,有效视野为左右各 35°;垂直方向上,人眼的垂直视野最佳角度为上 5°、下 30°,有效视野为上 25°、下 35°,如图 6 所示。

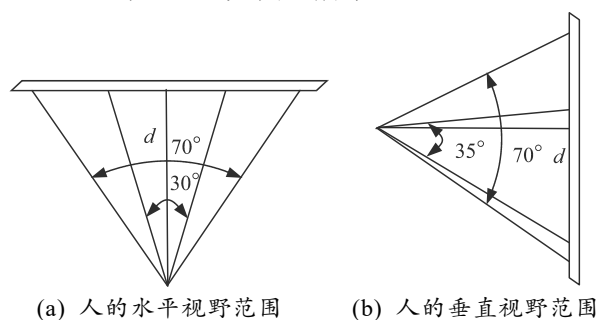


图 6 人的水平、垂直视野

雷达工作舱室显示器的位置应分别在操作员的最佳视野方位内,能够更好地吸引操作员的视觉注意力,使其精力更加集中,更加快速地发现空情的变化。中国男性 95% 的人体尺寸坐姿眼高为 847 mm,正常人眼距显示器的舒适距离 d 为 40~50 cm,这样就可确定显示器的具体空间位置。

3.2 操纵器空间布局

雷达工作舱室中操纵器主要通过标准键盘和鼠标来执行任务与决策信息,输入方式有鼠标点击和快捷键操作。通过与基层操作手进行座谈,了解到使用快捷键操作速度要优于鼠标查找点击,但是每项操作均需要同时按压 2 个按键,这就需要具有丰富的操作经验,牢记各项操作的快捷键位置。由于雷达功能项较多,有 30 多项操作内容,数据量庞大,对操作员手指灵活度和精确度要求高,且在标准键盘上容错性较低,极易出现按错键、按键时间不同

步等错误,影响操作员的工作效率;因此,操纵器的空间布局极为重要。

对操纵器的空间布局主要集中在对键盘的提升与改进,通过将标准键盘改进为单个的快捷键,分别对应雷达系统输入的各项功能,将按键大小以成年人的指尖大小进行扩大,将键盘区域按照相关性进行分布、排列,如可将编批、分批、合批等相关性较强的按键相近配置^[11],并区分常用按键与非常用按键。通过减少快捷键的按键个数,方便操作员进行记忆,借此提高操作员在认知过程的效率。具体改进后键盘如图 7 所示。

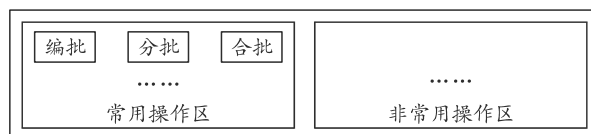


图 7 改进后键盘样式

3.3 通信装置空间布局

通信装置位于显示器的另一侧,正常操作时,通信装置在操作员的背后,主要功能是接收上级下达的作战指示与任务,并实时上传空情目标的高度、方位、速度等相关参数,但由于其位置离操作手较远,且缺少扩音设备,易造成操作手不能及时准确地接收上级指示,导致操作的滞后性,影响指挥员的判断决策和对空情目标的火力打击。

可将通信装置设在系统显示器旁,与显示器同高,方便操作员查看,并设置蜂鸣器,在接收上级指令后能够通过蜂鸣器发出声音提醒操作员对上级指令的接收,降低指令接收延误的可能,从听觉的角度引起操作员的注意,减轻对操作员观察显示器的视觉压力^[12];同时,也能更好地对通信装置的工作状态进行观察,及时发现、清除因突然故障出现的问题,确保操作过程连续、缜密。

4 结束语

以提高雷达工作方舱人机交互效率为目的,通过介绍、分析几种常见认知模型,提出了舱室人机界面认知模型,并依据该模型分别对雷达工作方舱显示器、操纵器、通信装置的现有空间布局提出了改进方案,为下步雷达工作方舱人机交互的设计提供了一定思路。

参考文献:

- [1] 邓丽. 舱室人机界面布局设计与评估优化方法研究[D]. 西安: 西北工业大学, 2016.