

车载武器界面多任务下的目标辨识绩效

薛庆, 王萌, 刘敏霞, 洪玮博

北京理工大学机械与车辆学院, 北京 100081

摘要 现代车载武器的人机界面包含大量信息, 界面内容的合理排布有利于提高作战效率。为探索多任务下人的目标辨识绩效, 设计了多任务作业模型, 被试同时进行两项彼此独立的模拟任务, 通过记录并分析不同位置下辨识目标的反应时间和正确率, 为界面的科学设计提供依据。实验结果表明: 人的目标辨识绩效受目标位置影响, 在深灰色背景下多任务状态时, 相比其他位置, 左下方出现的目标在反应时间和正确率方面都有绝对优势, 而右上方和右下方分别在正确率和反应时间上有所不足, 可在3处安排不同重要程度的信息。

关键词 人机界面; 多任务; 目标位置; 目标辨识

武器系统的人机界面是作战人员与系统之间实现信息交互的接口和通道, 其设计对作战效率起到关键作用, 将直接影响到武器系统整体作战效能的发挥。随着计算机技术和通信技术的进步, 车载武器得到充分的技术支持, 正朝着高速化、高机动性、远射程、自主作战、高精度等方向发展^[1], 更多地满足了作战的功能性需求, 但是人机界面也变得越来越复杂, 给使用带来一定的困难。

探究人机界面的设计是否合理有效, 首先必须研究界面要素的设计是否符合人的生理心理特性, 可以借助工效学实验进行分析研究。目前, 国内外很多学者做了与人因特性相关的实验, 对人的生理和心理特征及各类条件下的负荷和认知进行了详细研究。文献[2]在20世纪90年代就进行了选择注意模型的视觉实验研究, 研究字词的涵义、颜色对任务的影响作用, 以反应时和错误次数为考察指标; 文献[3]、[4]研究了数字显示和图形显示信息的辨识效率; 文献[5]、[6]在飞机人机界面优化设计中, 结合人的认知特性对文字或标识的形状、大小、辨认反应时间等进行设定后, 通过对二维目标的识别进行分析, 特别是定量研究了目标大小与反应时间以及目标形状对辨识的影响; 文献[7]~[10]通过实验探究了各类色彩编码对界面辨识绩效的影响, 为人机界面设计的工效学分析提供了实践依据。

某车载武器现有的界面由360°态势感知、电子地图、雷达信息、设备信息、战时情境信息、实时消息接收和发送等区域构成, 信息量大、涉及的任务多。各个界面要素的呈现形

式和布局的总体设计影响着操作效率和作战安全, 因此要求更合理、更符合工效学原则的设计。在课题的前期研究中, 已实现了面向任务的人机界面设计与评价, 但在界面布局上没有充分考虑人的认知特性, 需进一步探究。

工效学重要性原则^[11]规定了显示器和控制器的空间排列原则, 即按照每类信息的重要程度安排优先权, 决定其位置, 故需要讨论如何安排不同任务的排布而使重要目标的目标辨识绩效更高。在偏离视觉中心相同距离的情况下, 人眼对4个象限的观察效率依次为: 左上最好, 其次是右上, 再次是左下, 最差是右下^[12]。该理论已在国内外近几十年的研究和设计中得到了充分的利用, 但其提出是在单任务的条件下, 即: 对于某一界面上的同一任务, 位于左上的位置时效率最优, 右上次之。而在多任务的条件下, 当人的注意力被其他任务有所占据时是否还遵循这一规律?

结合人的信息处理模型, 充分考虑人的认知特性, 结合某车载武器任务中的子任务, 本研究提出多任务状态下目标辨识的实验方案, 测试人在多任务状态下对不同位置目标的目标辨识绩效及操作效果。

1 实验设计

在某车载武器界面中, 最主要的显示部分为电子地图, 面积较大, 功能是呈现战场的实时状况, 也是需要时刻注视的主体区域, 优先级最高, 故将其安排在最优的左上方, 以引起作战人员较多的关注。而在界面的其余部分, 如图1所示,

收稿日期: 2015-05-18; 修回日期: 2015-10-27

基金项目: 总装武器装备预研基金项目(62301010102)

作者简介: 薛庆, 副教授, 研究方向为人因工程, 电子邮箱: xueqing@bit.edu.cn

引用格式: 薛庆, 王萌, 刘敏霞, 等. 车载武器界面多任务下的目标辨识绩效[J]. 科技导报, 2016, 34(5): 89-92; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2016.05.011

根据位置不同分为3块,分别用A、B、C编号,分别对应消息收发、实时状态、作战操作等任务,这些任务也非常重要,将呈现车体的实时状态或在需要时弹出提示消息。

根据实验的需要,采用被试内设计,选取图1中的A(右上)、B(左下)、C(右下)所代表的3种位置水平。被试在持续执行左上电子地图区域所呈现的任务1的同时,还需完成每隔数秒随机出现在A、B或C区域的任务2。主试在旁监督,保证被试完成任务1的专注性和准确性。计算机将记录任务2的正确率和反应时间,通过对这些数据的统计来分析多任务下目标在不同位置的辨识绩效。规定两项任务权重相同,任务1为主注视区。

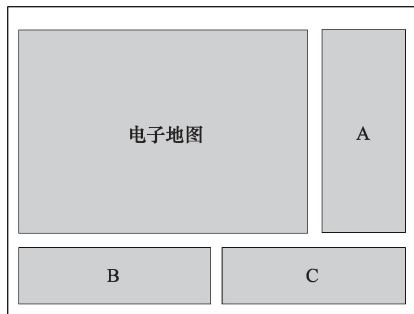


Fig. 1 Design of experiment interface

根据文献[7],界面背景采用暗灰色,字符采用白色。任务2中的字符大小由文献[13]中采用的公式计算

$$H = 0.022D + 25.4(K_1 + K_2) \quad (1)$$

式中, D 为人眼与目标的距离; K_1 为与内容相关的重要性系数,选0.075; K_2 为与照明相关的系数,选0.26;经计算,字符高度定为7.29 mm。

1.1 实验任务

实验将模拟驾驶本车载武器的作战过程中所需要完成的作业,由地图监视和消息收发构成。为简化实验操作,将地图监视作业抽象为图片“找不同”(任务1),被试需进行图像检索和短期记忆;消息收发作业抽象为字符判断(任务2),被试需进行字符判断和反馈操作。两项任务同时呈现,界面如图2。

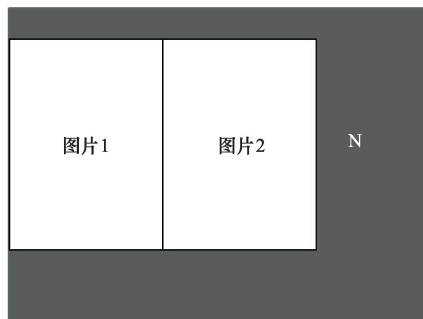


Fig. 2 Experiment interface

任务1是在左上的主体区域呈现两幅并列的相似图片,每组图片约有15处不同,要求被试在84 s内找出其不同,每找出一处,需立即向主试报出这是已找到的第几处。同时进行任务2,英文字母“Y”或“N”会每隔7 s随机出现在图1中的A、B或C处,不同字符对应不同按键,被试看到字符出现后需迅速准确按下指定键,若2 s内无反应,字符将自动消失并记一次错误,旨在记录被试对于不同位置刺激的反应数据。两项任务同时进行,主试在旁进行记录并监视。

经5人(未参加正式实验)测试,在无任何干扰的条件下,任务1中“找不同”的图片在84 s内难以找出所有不同,故足以保证被试在实验全程保持对任务1的充分注意力。

1.2 实验设备及被试

实验在北京理工大学工业工程实验室中进行,室内照明条件正常(40 W日光灯)。实验程序采用心理实验专用开发软件E-Prime 2.0进行编写,在CPU主频为3.0 GHz的计算机上运行,界面在17英寸CRT显示器上呈现,分辨率为1024×768。

被试为28名在校学生(男25人,女3人),年龄21~28岁,无任何智力障碍,视力或矫正视力正常,无色盲或色弱,全为右手使用鼠标,均未参加过此类实验。

2 实验实施

实验前,被试阅读实验指导语以了解实验过程及操作方法,被告知两项任务权重相同,并进行充分练习,待熟悉实验操作后开始约6 min的正式实验。被试自然坐在距离显示器600 mm的座椅上,目光与显示器平齐,双手操作键盘。

正式实验的任务1共有4组图片(共8张),每组呈现84 s,被试每找出一处需立即向主试报出目前已找到的不同的数目,主试将记录这些数据。在找不同的同时,每隔7 s会有一次任务2的目标刺激(字母“Y”或“N”)出现,将随机出现在A、B、C区域,出现的概率均等。被试通过按下指定按键进行字符判断,按键“J”代表“Y”,按键“F”代表“N”,按错或2 s内不按都记为错误。在正式实验过程中,每个被试需完成任务2的目标辨认共48次,计算机自动记录任务2的反应时间和正确率作为评价指标。

3 结果与分析

对任务2的数据进行具体分析,被试完成的正确率为90.40%,同时,通过主试监视和记录可知,被试对任务1的完成均专注有效,达到多任务的效果,数据具备可靠性。

被试对A、B、C 3个位置目标辨认的平均反应时间(仅取正确情况下的数据^[14])和正确率如表1所示。

就平均反应时间而言,单因素方差分析表明:在0.05显著性水平上,不同位置的差异显著($P=0.021$);目标位置对反应时间的验后多重比较检验结果见表2,位置B(左下)和位置C(右下)差异显著($P=0.022$)。

表1 被试对3个位置目标辨认的平均反应时间和正确率
Table 1 Averageresponse times and accuracies of target identification at different locations

位置	平均反应时间/ms	正确率/%
A	1026.183	86.61
B	960.657	92.41
C	1041.46	92.19

表2 目标位置对反应时间的验后多重比较检验
Table 2 Multiple comparison of response time at different locations

位置(I)	位置(J)	平均误差(I-J)	标准差	P
1	2	65.529	30.782	0.097
	3	-15.277	32.666	0.953
2	3	-80.803	30.064	0.022*

注:1—A,2—B,3—C;I、J均为指代位置的变量,用于区分不同的位置;
*,表示差异达到显著水平。

就正确率而言,通过卡方检验表明:在0.05显著性水平上,不同位置的差异显著($P=0.04$);字符位置对正确率的验后多重比较检验见表3,位置A和位置B($P=0.001$)、位置A与位置C($P=0.001$)差异显著。

表3 字符位置对正确率的验后多重比较检验
Table 3 Multiple comparison of accuracy at different locations

位置(I)	位置(J)	P
1	2	0.001*
	3	0.001*
2	3	0.893

注:1—A,2—B,3—C;I、J均为指代位置的变量,用于区分不同的位置;
*表示差异达到显著水平。

4 讨论

实验结果表明,在多任务条件下,位置对目标辨认的反应时间和正确率均有着显著影响。

就反应时间而言,人对左下方出现的目标的反应速度最快,明显优于其余两个位置,其次是右上方,而对右下方目标的反应速度最慢,即左下>右上>右下。验后多重比较表明,前两者之间的差异不显著,但左下方与右下方之间的差异达到显著水平。这是因为相比左下方和右上方,右下方到左上方的主注视区域直线距离较远,因此反应时间相对较快。

就正确率而言,人对于左下方出现的目标辨认的正确率

最高,其次是右下方,对于右上方目标辨认的正确率最低,即左下>右下>右上。验后多重比较表明,前两者间的差异不显著,但均与右上方有着显著差异。进一步整理数据可知,右上方目标辨认的错误个数几乎多达前两者之和,初步分析此结果与人的视野有关,具体原因有待后续实验验证。从错误类型看,有54.26%的错误是由于被试没有注意到刺激字符的出现而未采取操作引起的,3个位置的情况都基本符合这一数字,显然,这是由于注意力被任务1占用所引起的。

本次实验结果不同于普通单任务模型的左上>右上>左下>右下的结论^[12]。因为在多任务状态下,目标位置的确定必须获得注意力的分配^[15],而与注意有关的各类理论都认为人的注意是有限的能量或认知资源^[16],在多任务时将影响对特定目标的辨识绩效,专注于操作某项任务的同时很可能忽视别的任务。而且由于主注视区的存在,使人的视野中心偏离显示器的中心位置,故与传统模型的研究结果^[12]更有不同。

5 结论

在兼顾左上方主体区域任务的状态下,人对实验选取的3个位置上所呈现的目标辨认绩效有显著差异。其中,左下方在反应时间和正确率上都有绝对优势,适宜安排重要且紧急的提示或操作;右下方的反应时间较慢但正确率高,可以安排一些次要状态信息或操作的呈现;右上方的反应时间较快但正确率较低,可安排一些简短紧急的操作,并加强训练,提升对此处目标的警惕。同时,为更好地提高辨识绩效,需对目标的呈现方式进行适当加工,如放大内容、添加闪烁、声响等效果^[17]。

作为某项目中的一部分,结合车载武器人机界面设计的需求,本文对界面元素的呈现位置、不同任务的要求对测试对象的反应绩效做了研究,本实验的结论是在暗灰背景时得出的,研究了多任务下的目标辨识,从认知心理学角度为车载武器的界面设计和任务安排提供了一定参考,后期研究将在实验中提升任务复杂度,更真实反应车载武器实际操作作业,以改善武器界面的设计。

参考文献(References)

- [1] 傅津,董建平.外军车载式火炮研发现状综述[J].汽车运用,2006(10):53-56.
Fu Jin, Dong Jianping. Summarizing of research and development of foreign vehicle mounted artillery[J]. Auto Application, 2006(10): 53-56.
- [2] 林振球.选择注意模型的视觉实验研究[J].心理学报,1991(1):32-38.
Lin Zhenqiu. Research of vision experiment based on selective attention model[J]. Acta Psychologica Sinica, 1991(1): 32-38.
- [3] Tullis T S. An evaluation of alphanumeric, graphic, and color information displays[J]. Human Factors, 1981, 23(5): 541-550.
- [4] Schum D A. The weighting of testimony in judicial proceeding from sources having reduced credibility[J]. Human Factors, 1991, 33(2): 172-182.
- [5] 张磊,庄达民.人机显示界面中的文字和位置编码[J].北京航空航天大学学报,2011,37(2):185-188.

- Zhang Lei, Zhuang Damin. Text and position coding of human-machine display interface[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2011, 37(2): 185-188.
- [6] 庄达民, 王睿. 基于认知特性的目标辨认研究[J]. 北京航空航天大学学报, 2004, 29(11): 1051-1054.
Zhuang Damin, Wang Rui. Research of target identification based on cognitive characteristic[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2004, 29(11): 1051-1054.
- [7] 李亮之. 色彩工效学与人机界面色彩设计[J]. 人类工效学, 2005, 10(3): 54-57.
Li Liangzhi. Color ergonomics and color design of human-computer interface[J]. Chinese Journal of Ergonomics, 2005, 10(3): 54-57.
- [8] 张杰, 高子童, 刘旭峰, 等. 不同颜色视标对黑背景色的认知绩效比较研究[J]. 山西医科大学学报, 2011, 42(7): 542-544.
Zhang Jie, Gao Zitong, Liu Xufeng, et al. Comparative research on cognitive performance for different color visual targets on black background [J]. Journal of Shanxi Medical University, 2011, 42(7): 542-544.
- [9] Wu J H, Yuan Y. Improving searching and reading performance: The effect of highlighting and text color coding[J]. Information & Management, 2003, 40(7): 617-637.
- [10] Wang A H, Kan Y F. Effects of display type, speed, and text/background colour-combination of dynamic display on users' comprehension for dual-task in reading static and dynamic display information [J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2004, 23(1/2): 133-138.
- [11] Mark S Sanders, Ernest J McCormick. Human factors in engineering and design[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
Mark S Sanders, Ernest J McCormick. Human factors in engineering and design[M]. Beijing: Tsinghua University Press. 2002.
- [12] Rouse W B, Cody W R, Boff K R. The human factors of system design: Understanding and enhancing the role of human factors engineering[J]. International Journal of Human Factors in Manufacturing, 1991, 1(1): 87-104.
- [13] 曹冒君, 徐宗昌. 基于人因学的装备维修IETM人机界面设计研究[J]. 国防技术基础, 2009(1): 44-48.
Cao Maojun, Xu Zongchang. Design research of equipment maintenance IETM based on human factors[J]. Technology Foundation of National Defense, 2009(1): 44-48.
- [14] Pearson R, Schaik P V. The effect of spatial layout of and link colour in web pages on performance in a visual search task and an interactive search task[J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2003, 59(3): 327-353.
- [15] 曾庆新, 庄达民, 马银香. 人机界面中目标编码设计[J]. 北京航空航天大学学报, 2007, 33(6): 631-634.
Zeng Qingxin, Zhuang Damin, Ma Yinxiang. Design of target code in human-machine interface[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2007, 33(6): 631-634.
- [16] 舒华, 张学民, 韩在柱. 实验心理学的理论、方法与技术[M]. 北京: 人民教育出版社, 2006.
Shu Hua, Zhang Xuemin, Han Zaizhu. Theory, method and technology of experimental psychology[M]. Beijing: People's Education Press, 2006.
- [17] 威肯斯, 霍兰兹, 朱祖祥. 工程心理学与人的作业[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2003.
Wichens C D, Hollands J, Zhu Zuxiang. Engineering psychology and human performance[M]. Shanghai: East China Normal University Press, 2003.

Target identification performance of multitasking vehicle-mounted weapon interface

XUE Qing, WANG Meng, LIU Minxia, HONG Weibo

School of Mechanical Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China

Abstract A large amount of information is included in the human-computer interface of modern vehicle-mounted weapons. Properly presenting information and a rational configuration of the interface can improve the fighting efficiency. For the purpose of exploring human's target identification performance under multiple tasks, a model is designed to simulate the two-task situation. Through recording and analyzing the identification response times and accuracies of target at different locations, the performance can be fully evaluated. Scientific evidences for designing the interface are acquired by comparing the human performances at different locations. Experimental results show that human target identification performance is influenced by target location. When a dark gray background is used and under the condition of multiple tasks, human response time and accuracy to target appearing at bottom-left of the interface have absolute advantage over at other locations. The performance corresponds to targets appearing at top-right and bottom-right corners is inferior to that at bottom-left. Thus information of different importances should be presented at different locations for improving the real-war efficiency.

Keywords human-computer interface; multi-task; target location; target identification

(编辑 田恬)