人机显示界面中的文字和位置编码

张 磊 庄达民

(北京航空航天大学 航空科学与工程学院, 北京 100191)

摘 要: 飞行员在驾驶飞机的过程中需要用到大量的信息,对信息进行合理的编码可以提高驾驶安全性. 根据研究的需要,开发一个用于工效实验的作业任务模型. 通过测量被试完成作业任务的正确率和反应时间,结合眼动仪测得的眼动数据,分析文字和位置编码对信息辨识的影响,为显示界面适人性设计提供科学依据. 实验结果表明:人对文字信息的辨识受到位置编码影响,位置编码方式与视野范围和注意力分配策略相关;中心位置的辨识效率优于边缘位置,左侧位置优于右侧位置;中文信息的辨识效果优于英文信息,实际应用时应考虑母语的影响.

关 键 词: 界面设计; 编码; 眼动; 人机工效

中图分类号: R 857.1; B 842.1

文献标识码: A **文 章 编 号**: 1001-5965(2011)02-0185-04

Text and position coding of human-machine display interface

Zhang Lei Zhuang Damin

(School of Aeronautic Science and Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100191, China)

Abstract: In process of operating aircraft, pilots need to use large amounts of information. So reasonable coding of information can improve driving safety. According to research requirements, a task model was developed for the ergonomics experiment. After subjects complete the tasks, their correct rate and reaction time were measured. Combined the measured results with eye movement data, the impact of text and position coding on information identification was analyzed to provide a scientific basis for the ergonomics design of information interface. Experimental results show that subject's identification of the text information is affected by the position coding. And position coding relates to vision scope and attention allocation strategy. Identification efficiency of the center is better than the periphery, and the left position is better than the right position. Identification efficiency of Chinese information is better than English, the impact of mother tongue should be considered in the practical application.

Key words: interface design; coding; eye movement; ergonomics

飞机驾驶舱是信息高度密集的特殊环境. 随着飞机性能的提高和显示信息的日益增多,飞行员对飞机控制信息的传感及显示装置的依赖性也不断增加. 在通信系统通道中实现信息传递需要对信息进行编码,人的感觉信息的传递也是以各种编码方式进行的. 对显示信息进行合理的视觉编码可以大大提高信息的辨识精度和速度[1]. 视觉编码是指用颜色、数字、字母、图形等视觉刺激对信息进行编码,分为单维视觉编码和多维视觉编码. 单维视觉编码是指用一种视觉刺激对信息进行编码;多维视觉编码是指将两种或多种视觉属性结合起来作为代码的信息编码方式[2]. 视觉编码对信息辨识的影响,需要通过工效实验来进行研究. 外国学者对此进行了一些研究,如文献[3-4]研究了数字显示和图形显示信息的辨识效率;文献[5]就亮度对信息辨识的影响进行了

收稿日期: 2009-12-18

基金项目: 国家 973 计划资助项目(2010CB734104)

作者简介: 张 磊(1983-), 男, 河北邯郸人, 博士生, zhangleibuaa@126.com.

实验研究;文献[6]研究了颜色和亮度编码对电子地图信息辨识的影响. 但由于国外的研究成果均是以本国人作为被试而得出的,是否适用于中国飞行员值得商榷. 国内的研究主要集中在不同形状和颜色编码信息的辨识情况[7-8],以及信息显示界面的颜色匹配特性[9-10]. 关于文字和位置编码对信息辨识的影响,目前还无相关报道.

随着我国大飞机项目的启动和大量新型设备装备与国产战机的研制,如何设计出适合中国飞行员特点的人机界面,是一个亟待解决的问题. 本研究以自主开发的飞机信息显示界面模型为背景开展实验. 以正确率和反应时间作为绩效评价指标,结合眼动仪测得的眼动数据,就文字编码和位置编码对信息辨识的影响进行探讨,为我国新型飞机显示界面的工效学设计提供参考.

1 实验方法

1.1 实验仪器和材料

飞机信息显示界面模型利用 Visual C + +6.0 计算机编译技术开发,通过分析飞行员驾驶战斗机过程中的任务特征,模型确定了 4 个任务界面. 上方有 3 个界面,从左到右依次为仪表监视信息界面、计算记忆信息界面和攻击信息界面;下方界面为文字信息界面. 界面作业信息呈现在 17 英寸的 IBM 液晶显示器上,采用 1 024 ×768 像素分辨率,屏面亮度为 68 cd/m^2. 被试通过标准键盘等计算机硬件进行人机信息交互. 眼动分析系统采用瑞典 Smart Eye 公司开发的无接触式眼动记录仪,可实时记录被试在实验过程中的眼动数据.

1.2 实验设计

根据研究的需要,将文字信息界面设置为本次实验的主任务界面. 采用 2 ×4 被试内设计. 因素 1 为文字编码,包括中文和英文两种水平,文字内容根据飞行操作的需要选取;因素 2 为位置编码,参考实际飞行仪表界面的设计,选取如图 1 所示的 4 种位置水平,从左到右分别为位置 1(左上)、位置 2(左中)、位置 3(右中)和位置 4(右上). 文字编码由主试在实验前进行设置,目标文字出现位置由计算机随机确定. 为检验各因素内部不同水平间有无差异,及两个因素间是否存在交互作用,采用析因实验设计.

实验开始后,首先在界面上方 4 个位置出现一组文字信息,被试的任务是从中找出指定的目标文字出现位置,并按指定键. 计算机将自动记录被试完成作业任务的正确率和反应时间,眼动仪自动记录被试对主任务界面不同位置的注视次数. 其他 3 个界面为次要任务界面,主要用于模拟实际飞行过程中的多任务状态,被试需要在完成主任务的同时尽量完成次要任务. 完成次要任务的情况将作为检验被试是否专心于实验的标准. 界面背景色为航空界面中常用的黑色,字符色根据文献[9]的结论选择易于辨识的红色.

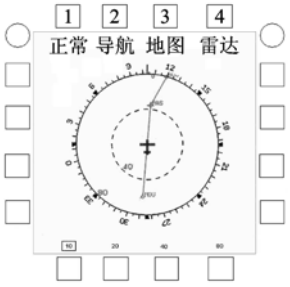


图 1 主任务界面

1.3 实验程序

实验前主试根据不同的被试情况,对眼动仪进行设置. 并通过计算机屏幕向被试呈现指导语,使其了解实验过程、熟悉实验操作方法及实验要求. 被试看完指导语后进行练习,待熟练掌握实验操作方法后转入正式实验. 正式实验开始后,被试坐于距离显示器屏幕 600 mm 的座椅上,完成不同文字编码的 2 次实验,每次实验 8 min,实验间有 5 min休息时间. 眼动仪将自动记录被试在完成实验过程中的眼动数据.

1.4 被 试

被试为 16 名北京航空航天大学在校学生(男 12 人,女 4 人),年龄在 21 ~29 岁之间,无色盲和色弱,矫正视力在 1.0 以上.

2 结果及分析

被试对不同文字和位置编码目标辨识的正确率和反应时间见图 2 和图 3.

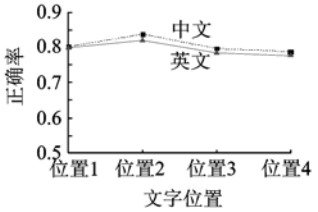


图 2 信息辨识的正确率

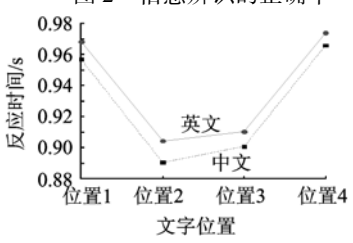


图 3 信息辨识的反应时间

就正确率而言,两因素重复测量方差分析表明:在 0.05 显著性水平上,文字编码和位置编码的主效应都不显著($P=0.247$,$P=0.902$);文字编码与位置编码的交互效应也不显著($P=0.820$). 就反应时间而言,两因素重复测量方差分析表明:在 0.05 显著性水平上,文字编码的主效应不显著($P=0.604$);位置编码的主效应非常显著($P=0.000$,$P<0.001$);文字编码与位置编码的交互效应不显著($P=0.997$). 位置编码的主效应对反应时间的验后多重比较检验结果见表 1.

表 1　文字位置主效应对反应时间的验后多重比较检验

位置(I)	位置(J)	平均误差($I-J$)	标准差	P
1	2	68.688(*)	10.473	0.000
	3	57.156(*)	23.124	0.026
	4	-7.219	19.551	0.717
2	3	-11.531	21.838	0.605
	4	-75.906(*)	18.122	0.001
3	4	-64.375(*)	17.782	0.003

注:"*"表示差异达到显著水平.

眼动仪测量的眼动数据如图 4 和图 5 所示.

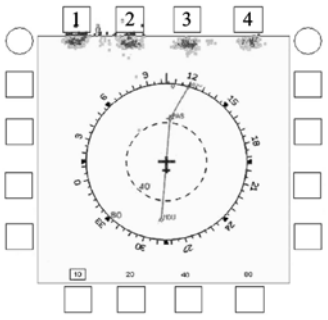


图 4　不同位置区域中文信息眼动热点图

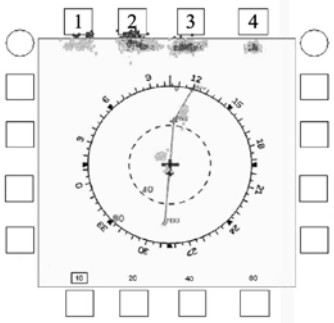


图 5　不同位置区域英文信息眼动热点图

3　讨　论

实验结果表明,文字编码与位置编码对正确率和反应时间的交互作用均不显著. 也就是说,在多任务多界面的复杂条件下,两种编码方式之间没有相互影响. 故分别对两种编码方式及其组合的影响进行探讨.

3.1　位置编码探讨

由图 4 和表 1 可知,被试对位置 2 和位置 3 的文字信息的反应时间明显快于位置 1 和位置 4. 这是由于位置 2 和位置 3 处于人的视野中心位置,文字信息落在视网膜的中央窝或负中央窝,而位置 1 和位置 4 上的信息可能落在视网膜的边缘视觉区. 有研究表明,人对信息的语义加工只能在中央窝或负中央窝上进行[11]. 所以,对于位置 2 和位置 3 上的信息,被试无需扫视,在极短的时间就可以识别. 而对位置 1 和位置 4 上的信息则需要进行眼动的扫视搜索才能得到识别,这就增加了信息辨识的时间.

中枢能量理论将注意看作人能用于执行任务的数量有限的能量或心理资源[12-13]. 人完成作业的程度受所分配资源的限制,得到的资源较多,这种过程便能顺利地进行. 图 4 和图 5 的眼动数据表明,被试对位置 2 和位置 3 的注视次数明显多于位置 1 和位置 4,这说明被试分配更多的注意力在位置 2 和位置 3 上,使出现在该位置的信息的辨识时间增加.

分配注意力多的位置,信息辨识正确率应该较高. 但结果却表明 4 个位置信息辨识的正确率相差不大. 这可能是由于在实验过程中,被试需要根据目标信息出现的位置按压键盘上 4 个位置相邻的按键做出反应. 位置 1 和位置 4 对应的按键均只有 1 个相邻键,而位置 2 和位置 3 对应的按键均有 2 个相邻键,这就增加了被试正确辨识的难度,从而使位置 2 和位置 3 信息辨识的正确率降低. 在对信息进行位置编码时,不能只考虑视野的影响,还要注意各位置之间的相互影响. 同时,发现被试对左侧位置信息的反应快于右侧信息(位置 1 > 位置 4,位置 2 > 位置 3),并且正确率也是左侧略高于右侧,与文献[14]得出的结论相同. 人眼的自然扫视规律是从左到右,顺时针进行注意扫视[15]. 这意味着在速视条件下,注意力从注视点向左比向右转移速变快,因而造成左侧位置比右侧位置识别效果好.

3.2　文字编码探讨

由图 3 和图 4 可知,中文信息的辨识速度和准确性均高于英文信息,两者之间的差异并不显著. 认知科学中的特征整合理论认为视觉系统对图形的加工是一个从提取图形局部特征到获得图形整体特征的自下而上的加工过程[16]. 由于中文和英文属于两种不同的符号系统,英文单词是从左到右线性排列的字符串,不易形成知觉的整体性;而汉字是方块字,集中在一个方块中,与视网膜中央窝的聚焦广度比较匹配,容易形成知觉整体性. 因此使中文信息的辨识效率优于英文信息.

另外,人对信息的加工有自动加工和控制加工两种方式. 当人对某一领域的信息较熟悉时,常采用自动加工的方式来获取信息,反之,会采用控制加工的方式. 控制性加工需要应用注意,其容量有限;而自动加工无需应用注意,加工速度快于控制性加工. 本实验所选被试均是以汉语作为母语. 受母语的影响,被试对中文信息的熟悉程度较高,采用自动加工来获取信息;而对英文信息相对陌生,对其加工应属于控制性加工. 所以,在相同的呈现时间内,被试对中文信息辨识的正确率和反应时间均优于英文信息.

3.3 组合编码探讨

由于显示信息的多样性和复杂性,有时单维编码无法满足设计要求,这就需要采用多维编码方式. 当使用文字和位置进行组合编码时,由图 3 可知,对于需要准确辨识的信息,不同组合的编码信息辨识效率差别不大,建议采用位置 2/中文、位置 2/英文的组合编码. 由图 4 可知,对于需要快速辨识的信息,位置 2/中文、位置 3/中文、位置 2/英文、位置 3/英文的组合适合作为组合编码方式,其他组合不太适合.

4 结 论

本实验是在多界面多任务的仿真模型上开展的,其结论适用于飞行员需要适当分配其注意力的情况. 根据实验结果,可以得出以下结论:①位置编码对信息辨识的影响显著,位置编码的优劣与视野范围和注意力分配策略相关;②界面中心位置的辨识效率优于边缘位置,左侧位置优于右侧位置;③文字类型对信息辨识的影响不显著,相同呈现时间内,中文信息辨识效果略优于英文;④采用文字编码时要考虑母语的影响. 考虑到实验因素的可控性,本研究仅对显示界面上方不同位置的编码方式进行了研究,关于其他位置的编码方式可以利用同样的实验方法得出.

参考文献(References)

[1] 袁修干,庄达民,张兴娟. 人机工程计算机仿真[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2005:130 - 231
Yuan Xiugan, Zhuang Damin, Zhang Xingjuan. Simulation of human machine engineering [M]. Beijing: Press of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2005: 130 - 231 (in Chinese)

[2] 飞机设计手册总编委会. 飞机设计手册 17:航空电子系统及仪表[M]. 北京:航空工业出版社,2004:80 - 81
Aircraft design manual committee. Aircraft design manual 17: avionics system and instrumeats [M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2004: 80 - 81 (in Chinese)

[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] Montgomery D A, Sorkin K D. Observer sensitivity to element reliability in a multi-element visual display [J]. Human Factors, 1996, 38(3): 484 - 494

[6] Yeh M, Wickens C D. Attentional filtering in the design of electronic map displays: a comparison of color coding, intensity coding, and decluttering techniques [J]. Human Factors, 2001, 43(4): 543 - 562

[7] 曾庆新,庄达民. 多界面多任务下不同任务权重的目标辨认[J],北京航空航天大学学报,2006,32(5):499 - 502
Zeng Qingxin, Zhuang Damin. Target identification of different task weight under multi-interface and multi-task [J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2006, 32(5): 499 - 502 (in Chinese)

[8] 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 (in Chinese)

[9] 张磊,庄达民. 飞机界面设计颜色匹配性[J],北京航空航天大学学报,2009,35(8):1001 - 1004
Zhang Lei, Zhuang Damin. Color matching of aircraft interface design [J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2009, 35(8): 1001 - 1004 (in Chinese)

[10] 张磊,庄达民,颜吟雪. 飞机座舱显示界面编码方式[J]. 南京航空航天大学学报,2009,41(4):466 - 469
Zhang Lei, Zhuang Damin, Yan Yinxue. Encoding of aircraft cockpit display interface [J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2009, 41(4): 466 - 469 (in Chinese)

[11] Henderson J M, Williams C C, Castelhano M S, et al. Eye movements and picture processing during recognition [J]. Perception & Psychophysics, 2003, 65 (5): 725 - 734

[12] Kahneman D. Attention and effort [M]. New Jersey: Prentice Hall Inc, 1973: 21

[13] Pashler H. The psychology of attention [M]. Cambridge, MA: MIT Press, 1998: 32

[14] 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,2003,29(11):1051 - 1054
Zhuang Damin, Wang Rui. Research of target identification based on cognitive characteristic [J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2003, 29(11): 1051 - 1054 (in Chinese)

[15] 袁修干,庄达民. 人机工程 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002:44 - 45
Yuan Xiugan, Zhuang Damin. Human machine engineering [M]. Beijing: Press of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2002: 44 - 45 (in Chinese)

[16] Treisman A, Gelade G A. A feature integration theory of attention [J]. Cognitive Psychology, 1980, 12(1): 97 - 136

(编 辑:李 晶)