人机界面中目标编码设计

曾庆新 庄达民 马银香

(北京航空航天大学 航空科学与工程学院, 北京 100083)

摘 要: 研究虚拟战斗机驾驶员飞行过程中涉及的监视、计算记忆、攻击和探测 4项任务,通过控制目标呈现时间和间隔时间改变工作的快慢节奏来影响脑力负荷,以正确反应率和反应时间来评价和分析被试在不同脑力负荷和任务权重下对目标颜色、形状及位置的辨认情况,为人机界面中目标编码设计提供科学依据. 实验结果表明:无论脑力负荷和任务权重如何,绿色、红色、正方形、圆形和三角形可作为人机界面设计中的目标编码,蓝色则不适合;人机界面设计时,必须对人的注意力分配问题进行评价,并作为确定目标位置的依据之一;对具有颜色、形状等多维目标的辨认,当目标的持续和间隔时间分别在 1 s以上时正确反应率都较高.

关 键 词: 目标辨认; 探测率; 反应时间; 脑力负荷; 人机界面

中图分类号: TP 18; B 842. 1

文献标识码: A **文 章 编 号**: 1001-5965 (2007) 06-0631-04

Design of target code in human-machine interface

Zeng Qingxin Zhuang Damin Ma Yinxiang

(School of Aeronautic Science and Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

Abstract: An experiment of multitask (monitor, calculation-memory, attack and detection) which simulated the flight control environment with some degree of fidelity was developed. This work investigated how human identify target color, figure and location under different task weight and mental workload levels which achieved by changing working speed rhythm controlled by stimuli display and interval time through measuring their reaction time and accuracy to provide standards for target in human-machine interface design. Results indicate that green, red, square, rotundity and triangle can be used as target code in human-machine interface design, but blue not, no matter what mental workload and task weight are. It is necessary to evaluate attention allocation and take it as the basis for deciding target location in human-machine interface design. There is good performance when a multidimensional target displays in the form of display interval time more than 1 s.

Key words: target identification; detection rate; response time; mental workload; human-machine interface

新一代战斗机驾驶员对目标辨认的速度和准确度极大地影响人机工效[1]. 国内外学者已对此问题在特定条件下进行了研究[2-5],但较少涉及脑力负荷问题. 然而新一代战斗机驾驶员过重的脑力负荷严重威胁到飞行安全. 在民航飞机中也有类似问题,如 1980年～1994年中国民航 81起飞行等级事故中有 15起是由脑力负荷过重引起[6]. 文献[2]提出一种目标辨认的实验方案,但未涉及脑力负荷问题.

本文为了考察脑力负荷对目标辨认的影响,以任务频率的快慢反映作业人员脑力负荷大小,解读人在不同脑力负荷和任务权重下对不同目标颜色、形状及位置的辨认情况. 通过对目标呈现时间和间隔时间的控制,研究两者对目标辨认的影响,为人机界面中目标编码的设计提供科学依据.

收稿日期: 2006-07-20

基金项目: 国防基础科研基金资助项目 (A2120060022)

作者简介: 曾庆新 (1979 -),男,广东潮州人,博士生, zengqxbeihang505@tom. com.

1 实验设计

1.1 实验任务及界面设计

实验界面见文献[2]. 48.18 cm CRT显示器左上、左下、右上及右下分别虚拟战斗机驾驶员飞行过程中所涉及的监视、计算记忆、攻击和探测4项彼此独立的任务,背景为灰色. 监视作业是当发现上下移动的黑色实三角形指针偏离2条粗实线以外区域时,通过按键使指针回到中心刻度线. 计算记忆作业是对随机出现的2位数加或减的计算,一定时间间隔后观察正确结果是否在4组数中. 攻击作业是被试对出现在圆圈内的圆点按指定键进行攻击. 探测任务包括人对目标的捕捉、辨认与反应,椭圆4个端点处随机出现1个目标,颜色为绿色、红色或蓝色,形状为三角形、正方形或圆形,目标大小由文献[2]的公式确定. 手指按键完成对任务的运动反应,左右手操作按键分布均匀.

1.2 被 试

被试为北京航空航天大学12名(男8、女4)在校硕士生和博士生. 年龄在21～29岁之间,无色盲,矫正视力在5.0以上.

1.3 实验方法

监视、计算记忆、攻击和探测任务分别在实验开始2 s, 0.5 s, 1.5 s及1 s后首次呈现. 将4项任务的频率设为0.167 Hz, 0.2 Hz, 0.25 Hz, 0.333 Hz及0.5 Hz,以频率的快慢反映作业人员脑力负荷的大小,通过目标呈现时间和间隔时间进行控制. 4项任务的目标呈现时间和间隔时间见表1.

表1 4项任务的目标呈现时间和间隔时间

目 标	频 率/Hz									
	0.167		0.2		0.25		0.333		0.5	
	监视	其余任务	监视	其余任务	监视	其余任务	监视	其余任务	监视	其余任务
呈现时间/s	3.0	1.5	2.5	1.5/1.0*	2.0	1.0	1.5	1.0/0.5*	1.0	0.5
间隔时间/s		1.5		1.0/1.5*		1.0		0.5/1.0*		0.5

注:“*”对应于第2组被试.

被试坐在显示器600 mm前,照明符合GJB455-88标准,利用键盘完成作业. 被试分成2组,每组6名. 对第1组被试规定4项任务重要性相同;对第2组被试要求重点放在探测任务,其余任务的权重相等. 被试操作熟练后进行脑力负荷由小到大5次实验,每次实验时间为8 min,2次实验间有5 min休息时间. 计算机自动记录被试完成任务的反应时间和正确探测率作为评价指标.

2 结果与分析

本文以探测任务为主进行具体分析,分析过程排除反应时间小于100 ms的数据. 2组被试对目标辨认的正确探测率和平均反应时间见图1～图6.

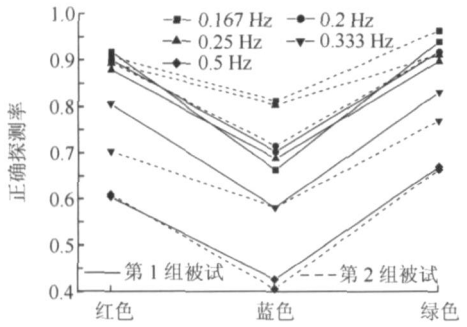

图1 对3种颜色目标辨认的正确探测率

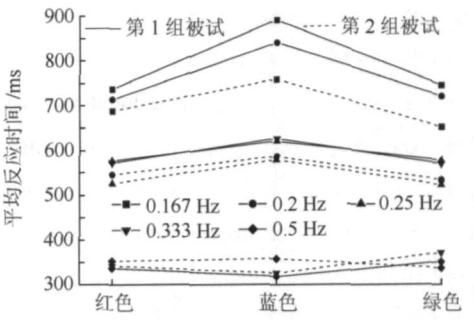

图2 对3种颜色目标辨认的平均反应时间

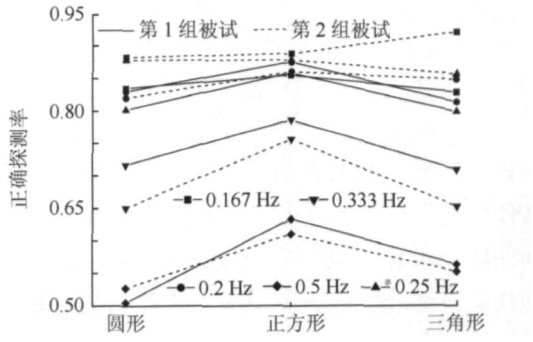

图3 对3种形状目标辨认的正确探测率

对第1组被试,方差分析表明:在0.05显著性水平上,5种脑力负荷下,对3种颜色的正确探测率存在显著性差异;对3种形状的正确探测率和反应时间及对4个位置的反应时间无显著性差异;除0.167 Hz外,对不同位置的正确探测率无

显著性差异;除 0.2 Hz及 0.333 Hz外,对 3种颜色的反应时间无显著性差异;脑力负荷与颜色、形状及位置对正确探测率的交互作用都不显著(P = 0.997, P = 0.989, P = 0.861). 对第 2组被试,方差分析表明:在 0.05显著性水平上,除在 0.167 H和 0.2 Hz下对 3种颜色的正确探测率有差异显著及在 0.25 Hz和 0.5 Hz下对 3种颜色的正确探测率有边缘显著差异外,其它情况下对不同颜色、形状及位置的正确探测率和反应时间都无显著性差异;脑力负荷与颜色、形状及位置对正确探测率的交互作用都不显著(P = 0.914, P = 0.915, P = 0.640). 颜色、形状及位置对正确探测率和反应时间的显著性检验结果见表 2. 反应时间受到负荷条件的限制,存在不可比因素,不对脑力负荷与颜色、形状及位置对反应时间的交互作用进行方差分析.

表 2　颜色、形状及位置对正确探测率和反应时间的显著性检验结果

变量	因素	第 1组被试					第 2组被试				
		0.167 Hz	0.2 Hz	0.25 Hz	0.333 Hz	0.5 Hz	0.167 Hz	0.2 Hz	0.25 Hz	0.333 Hz	0.5 Hz
正确探测率	颜色	0.000 *	0.014 *	0.010 *	0.005 *	0.040 *	0.021 *	0.015 *	0.068	0.142	0.052
	形状	0.878	0.584	0.564	0.568	0.350	0.657	0.774	0.863	0.386	0.643
	位置	0.014 *	0.331	0.218	0.324	0.743	0.444	0.070	0.271	0.111	0.570
反应时间	颜色	0.053	0.033 *	0.261	0.044 *	0.357	0.419	0.315	0.382	0.092	0.473
	形状	0.936	0.514	0.946	0.990	0.931	0.824	0.924	0.745	0.714	0.879
	位置	0.862	0.956	0.887	0.443	0.467	0.888	0.898	0.905	0.858	0.995

注:“ * ”表示 P < 0.05.

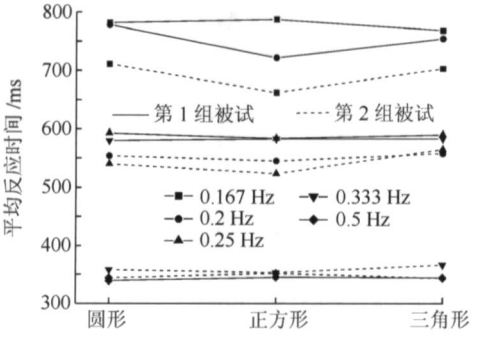

图 4　对 3种形状目标辨认的平均反应时间

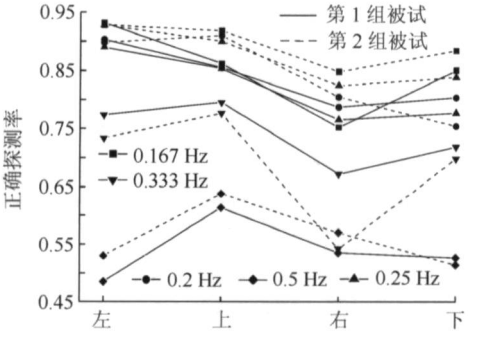

图 5　对 4个位置目标辨认的正确探测率

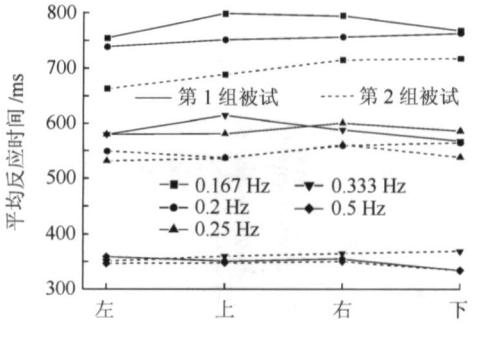

图 6　对 4个位置目标辨认的平均反应时间

3　讨　论

被试实验过程中较为重视探测任务,探测任务具有较高的任务权重,可以排除第 1组被试由于存在个体差异对待此任务不同权重的问题.

3.1　正确探测率讨论

无论脑力负荷和任务权重如何,被试对 3种颜色的目标辨认情况都表现出极其相似的规律. 对绿色和红色目标探测率较高 (多数情况下与蓝色目标的差异都显著),对蓝色目标探测率较差. 实验结果与文献[2 - 3]有数字运算时实验结果一致. 在高脑力负荷下,第 2组被试注意力较为集中,对 3种颜色的目标辨认差异不显著,其结果与文献[3]无数字运算时实验结果相接近. 这说明人的注意力分配影响对目标颜色的正确探测率. 人机界面设计更多考虑驾驶员在注意力分配时的目标辨认情况. 无论脑力负荷和任务权重如何,被试对绿色和红色目标辨认的正确探测率都超过 60%,可认为绿色和红色适合作为人机界面设计中的目标颜色编码. 在高脑力负荷下蓝色不适合作为目标颜色编码.

无论脑力负荷和任务权重如何,被试对 3种形状的目标辨认都无显著差异,结果与文献[2 - 3]结果一致. 脑力负荷和任务权重对不同形状的目标辨认的影响不明显. 可认为实验选取的 3种形状必要时可作为界面设计中的目标形状编码.

人机界面设计中必须充分考虑目标出现的位置. 脑力负荷影响对不同位置的目标辨认. 低脑力负荷下,第 1组被试对 4个位置的目标辨认结果

较一致,正确探测率从高到低依次为左、上、下、右位置,与文献[2]的结果一致;第2组被试对4个位置的目标辨认则不存在差异,与文献[2-3]的结果一致.高脑力负荷下,2组被试对4个位置的目标辨认发生了变化,并且2组被试的实验结果相接近.此时,上方位置是正确探测率最高的位置,在0.5Hz下对左方位置目标的正确探测率下降明显.通过对不同脑力负荷下被试完成4项任务的分析可知[7]:随着脑力负荷的增加,被试通过分配自己的注意力来降低脑力负荷,由此影响对不同位置的目标辨认,使2组被试在高脑力负荷下的实验结果接近.无论脑力负荷或任务权重,实际上都是通过引起不同的注意力分配影响对不同位置的目标辨认.人机界面设计必须对人的注意力分配问题进行评价.

3.2 反应时间讨论

实验结果表明:无论脑力负荷和任务权重如何,对不同形状及位置目标辨认的反应时间都无显著差异,这与文献[2-3]的结果一致.也就是说,形状及位置作为目标编码的一个维数,相同条件下从反应时间上讲人的辨认不存在差异.较低的脑力负荷下,人对蓝色目标的辨认要慢于对绿色和红色目标的辨认,这说明蓝色较不适合作为目标颜色编码.实验结果表明:人的目标辨认显著受到目标显现时间的影响,目标呈现时间越长,反应时间越长.实验结果与心理学领域的警告时距研究结果[8]一致,较长的警告时距,则反应时间较长.

3.3 目标呈现时间和间隔时间讨论

飞机突发事件发生时,驾驶员正常思维将受到影响,短时间内信息处理上的失误可导致飞机失事.这要求人机界面设计时必须对每一信号及信息的呈现时间和间隔时间进行评价.实验结果说明:增加目标呈现时间能提高辨认正确率,但反应时间也相应增加;目标呈现时间相同时,增加目标间隔时间也能一定程度提高正确探测率.由实验结果可看出:0.25Hz下2组被试完成探测任务的业绩相接近且业绩最为理想.也就是说当一个具有颜色、形状等多维目标以持续1s时间,间隔1s的形式呈现时,无论任务权重如何,在一定脑力负荷下人对其辨认仍具有很好的绩效.

4 结 论

实验结果表明:①绿色、红色、正方形、圆形和三角形,无论脑力负荷和任务权重如何都可作为人机界面设计中的目标编码,蓝色则不适合;②人机界面设计中对目标位置的确定,必须对人的注意力分配问题进行评价;③当一个具有颜色、形状等多维目标以持续1s时间,间隔1s的形式呈现时,无论任务权重如何,在一定脑力负荷下对其辨认仍具有很好的绩效.

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
Yuan Xiugan, Zhuang Damin, Zhang Xingjuan. Simulation of human machine engineering[M]. Beijing: Beijing University of Aeronactics and Astronatics Press, 2005 (in Chinese)

[2] 曾庆新,庄达民.多界面多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]. Jounal of Beijing University of Aeronactics and Astronatics, 2006, 32(5): 499-502 (in Chinese)

[3] 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):1051-1053
Zhuang Damin, Wang Rui. Research of target identifiation based on cognitive characteristic[J]. Jounal of Beijing University of Aeronactics and Astronatics, 2003, 29(11): 1051-1053 (in Chinese)

[4] 时粉周,王珏,鲁毅钧.海军飞行员对不同对比度运动目标的识别效能研究[J].中华航海医学与高气压医学杂志,2003,10(4):200-203
Shi Fenzhou, Wang Jue, Lu Yijun. Study on naval pilot's visual effectiveness in identifying moving targets of different contrast[J]. Chinese Jounal of NavalMedicine and HyperbarMedicine, 2003, 10(4): 200-203 (in Chinese)

[5] Yeh Michelle, Wickens C D. Display signaling in augmented reality: effects of cue reliability and image realism on attention allocation and trust calibration[J]. Human Factors, 2001, 43(3): 355-365

[6] 徐胜平,李华明.81起民航等级飞行事故的机组资源管理分析[J].中华航空航天医学杂志,2003,9(14):174-175
Xu Shengping, Li Huaming. CRM analysis of 81 civil aviation accidents[J]. Chinese Jounal of Aerospace Medicine, 2003, 9(14): 174-175 (in Chinese)

[7] Zeng Qingxin, Zhuang Damin, Ma Yinxiang. Mental workload and human performance in multitask[C]//Progress in Safety Science and Technology. Beijing: Science Press, 2006: 567-571

[8] 威肯斯 C D, 霍兰兹 J G. 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 G. Engineering psychology and human performance[M]. ShangHai: East China Normal University Press, 2003 (in Chinese)

(责任编辑:刘登敏)