

doi: 10.7690/bgzd.2025.03.003

基于眼动仪的警戒雷达录取终端人机界面效果评估

齐根华, 李晨博

(陆军炮兵防空兵学院郑州校区, 郑州 450000)

摘要: 为提高警戒雷达操作手操作效率和用户体验, 提出一种以人为本的核心思想对警戒雷达工作舱录取终端界面进行无意识认知的评估方案。通过对眼动轨迹等进行跟踪, 分析操作手的注意力分配情况, 以某装备录取终端人机界面为研究对象, 对人机界面进行评估并提出优化方案。结果表明, 该方案可为人机界面的再设计提供思路。

关键词: 无意识认知; 眼动实验; 可用性; 用户体验

中图分类号: TN959.1+1 **文献标志码:** A

Effect Evaluation of Human-computer Interface of Warning Radar Acquisition Terminal Based on Eye Tracker

Qi Genhua, Li Chenbo

(Zhengzhou Campus, PLA Army Academy of Artillery and Air Defense, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: In order to improve the operation efficiency and user experience of the warning radar operator, this paper proposes an evaluation scheme of unconscious cognition on the interface of the recording terminal of the warning radar working cabin based on the people-oriented core idea, and analyzes the attention distribution of the operator by tracking the eye movement trajectory. Evaluate the human-machine interface and propose the optimization scheme. The results show that the scheme can provide ideas for the redesign of human-computer interface.

Keywords: unconscious cognition; eye movement experiment; usability; user experience

0 引言

警戒雷达作为我防空力量最先发现敌空袭武器的探测装备, 在辨别敌空袭兵器类型, 测定目标位置, 并迅速、准确、连续不断地通报目标坐标等具有重要地位。在整个探测过程中, 其对时间有着严格的要求, 发现目标后早一秒将目标信息传递出去, 就能为拦截武器装备多预留一秒的准备时间, 大大提高火力拦截精度和效率; 因此, 对警戒雷达录取终端人机界面进行评估, 为今后提出更加优良的界面布局提供参考, 能够极大节约从发现目标到传递目标的时间, 对提高防空系统的整体作战效能具有重大意义。

笔者采用眼动测试实验, 对现有警戒雷达工作舱录取终端界面进行无意识认知评估, 融入以人为本的核心思想。通过对眼动实验采集的数据进行分析, 发现影响操作手对录取终端界面操作的因素, 并提出改进方案, 为下一步对录取终端人机界面的设计提供思路和参考。

1 无意识认知人机界面评价

在精神分析理论中, 弗洛伊德认为人的精神意识是由前意识、意识和无意识 3 部分组成的。无意

识又称潜意识、下意识, 是指在通常情况下根本不会进入意识层面的东西, 但又是每个人本能的一种反应^[1]。认知心理学的不断发展, 吸引着越来越多行业的发展研究都围绕无意识进行展开, 将人的无意识行为作为产品设计的重点关注对象。

在无意识认知交互设计中, 可用性和用户体验都是围绕用户为中心开展设计的, 可用性能够使用户在人机交互时更为高效, 用户体验则能够更好地满足用户的情感需求, 确保在整个人机交互过程中用户保持良好的工作状态。用户行为的高效和精神的满足正是人脑无意识加工的结果, 提高产品的可用性和用户体验也就成为了人机交互设计追求的目标^[2]。这两者与无意识认知的逻辑关系如图 1 所示。

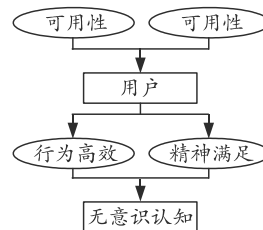


图 1 可用性和用户体验与无意识认知的逻辑关系

1.1 人机界面无意识认知设计

人机交互技术之所以能够蓬勃发展, 就是以用

收稿日期: 2024-07-08; 修回日期: 2024-08-13

第一作者: 齐根华(1978—), 男, 江西人, 硕士。

户为核心，提升用户对产品的操作使用效率和满意度。高效的人机交互界面能够不断发现用户的操作特点，在更有效提升用户工作效率的同时，使用户产生良好的情感体验。人脑中无意识认知系统的效率受人的情感和行为双重支配。相关研究表明，人的认知广度对象一般保持在 8 个左右，积极乐观的情绪会扩展认知广度，而消极情绪会窄化认知广度，良好的人机界面设计能够减轻用户使用时的记忆负担和思考时间，能够快速帮助用户做出决策，提高工作效率^[3]。

1.2 基于眼动的无意识认知评估

随着科学技术的不断发展，眼动仪逐渐成为心理学研究认知行为的重要工具，高精度的眼动仪能够捕捉人眼的注意点，从而用于研究人脑的认知加工过程；因此，人脑认知过程可以通过眼动测试得出的实验数据进行研究，即人眼动过程极大地体现了人脑认知加工过程^[4]。随着认知心理学研究的不断深入，发现人脑对视觉信息的加工主要有前期注意和后期注意 2 个阶段。前期注意是指眼动在无意识状态下于 250 ms 内首次进入视觉兴趣区，并对兴趣区中的内容进行快速的视觉加工^[5]。视觉注意点首次进入兴趣区的时间即首次进入时间，该时间是进行无意识评估的一项重要指标，指标数值越小，则该区域获得关注越多。

1.3 眼动实验认知评估流程

实验主要目的是以用户为核心，对现有录取终端人机界面进行评估，对存在问题提出改进建议，

整个实验设计流程为：制定实验计划，选择合适样本，明确用户工作步骤，开始实验，数据采集与分析，提出改进方案，并逐步进行迭代，直到满足设计评估要求，如图 2 所示。

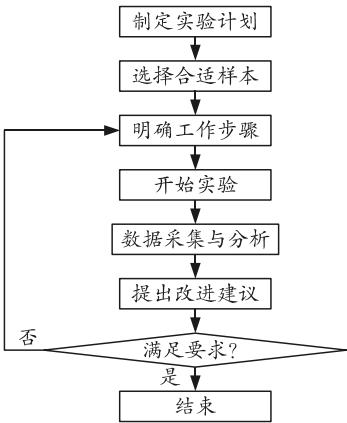


图 2 眼动实验认知评估流程

2 警戒雷达录取终端人机界面眼动实验

对录取终端人机界面进行评估，能够有效地了解在整个操作过程中，操作手与计算机之间的交互效率及存在问题，针对问题提出更好的解决设计方案，提高录取终端的可用性和用户体验，使用户在整个操作过程中能够更加舒适、便捷地实现操作，在争分夺秒的现代化战场具有重大意义。

2.1 眼动实验评估指标

针对眼动实验的评价指标主要包括兴趣区、注视、首次注视时间、第一遍加工时间、总注视时间、平均注视时间、注视轨迹、回视次数、眼跳距离、眼跳时间、眼跳速度、瞳孔直径等，如表 1 所示。

表 1 眼动指标

指标	含义
兴趣区	研究者感兴趣的区域
注视	将眼睛的中央窝对准某一物体的过程
首次注视时间	落在兴趣区的第一个注视点的持续时间
第一遍加工时间	从注视点第一次落入兴趣区开始，到离开该区域为止这段时间内，被试对该区域的注视时间的总和
总注视时间	落入兴趣区内所有注视点的持续时间的总和
平均注视时间	总注视时间除以总注视点个数
注视轨迹	用线将所有注释点的位置连接起来
回视次数	再次落入兴趣区内的次数总和
眼跳距离	前一个注释点与下一个注释点的距离
眼跳时间	前一个注释点结束到后一个注释点开始的时间间隔
眼跳速度	眼跳距离除以眼跳时间
瞳孔直径	表示爱、喜欢或兴奋，瞳孔就会放大，表示消极、戒备与愤怒，瞳孔就会缩小

对这些指标进行数据采集和数据分析，能够有效地对人机界面情况进行分析、评估^[6]。

2.2 实验准备

本实验采用 ASL Mobile Eye XG 眼动仪及相关

设备进行，通过头戴式摄像头捕捉用户人眼所看到的画面，并记录用户人眼注视界面的相关数据，进而得到用户在无意识认知情况下对操作的有效率。

实验数据采集组 2 人，一人为操作手模拟空情

想定，另一人采集操作手实验相关数据。共挑选出有一定操作经验的操作手 10 人，依次对该 10 人进行操作实验。保障组 1 人，负责相关保障工作。

实验以防空兵侦察预警外派，执行对空警戒值班任务(此时侦察预警分队处于一等战备状态)为模拟背景，人工模拟空情想定，依据眼动仪记录操作手实验数据。

2.3 实验过程

实验时，依次给 10 名操作员头部安装眼动仪，记录操作时间，在眼动仪各项参数和操作员准备完毕后，由数据采集组人员将模拟空情想定播报给操

作员，操作员根据模拟空情想定结合模拟背景，进行相关功能操作，此时数据采集组另一名成员对操作员眼动相关数据进行采集，直到操作手完成最后一步操作。待 10 名操作手操作完成后，撤收眼动仪，关闭警戒雷达，实验结束。

2.4 实验数据分析

该实验以 AOI 数据作为支撑，将录取终端界面划分为雷达扫描窗、询问机、功能操作窗 3 个兴趣区^[7]，对 10 名操作手在这 3 个区域的注意力分配等数据通过眼动实验进行采集并分别进行平均化处理，处理之后的数据结果如表 2—5 所示。

表 2 注视点数量

编号	分割名称	AOI 名称	开始时刻	平均结束时刻	AOI 内平均注视点个数	AOI 内平均注视点个数百分比/%
1	T ₁	雷达扫描窗	00:00:00:00	00:00:10:46	26	36.11
2	T ₂	询问机	00:00:00:00	00:00:10:46	5	6.94
3	T ₃	功能操作窗	00:00:00:00	00:00:10:46	41	56.94

表 3 AOI 时间分析 1

AOI 内注视点个数占分割 总注视点个数百分比/%	进入 AOI 前 平均时间/s	AOI 内平均 回视次数	AOI 内首次 注视平均时间/s	AOI 内首次加工 平均时间/s	AOI 内注视 时间平均值/s	AOI 内注视 时间标准差/s
1.08	8.292	5	0.100	1.264	0.203	0.194
1.00	3.333	2	0.006	0.098	0.075	0.040
1.70	0.125	7	0.067	0.997	0.195	0.321

表 4 AOI 时间分析 2

AOI 内注视 时间最大值/s	AOI 内注视 时间最小值/s	AOI 内平均 注视时间/s	AOI 内注视 时间百分比/%	AOI 内注视时间占分割 总注视时间百分比/%	AOI 内注视时间占眼 动追踪时间百分比/%	AOI 外平均 注视时间/s
1.032	0.066	195.608	35.83	0.78	0.52	640.961
0.265	0.066	55.040	10.08	0.62	0.42	641.995
1.763	0.066	295.352	54.09	1.18	0.79	638.377

表 5 瞳孔分析

AOI 外注视时间占 分割总注视时间/%	AOI 外注视时间占 眼动追踪时间/%	AOI 内瞳孔 直径平均值/mm	AOI 内瞳孔 直径标准差	AOI 内瞳孔 直径最大值/mm	AOI 内瞳孔 直径最小值/mm
99.22	66.83	3.244	0.868	3.850	0.697
99.38	66.94	3.388	1.089	3.963	1.950
98.82	66.56	2.502	1.422	3.875	1.240

对上述实验数据进行分析后发现，雷达扫描窗、询问机、功能操作窗的 AOI 内平均注视时间百分比分别为 35.83%、10.08%、54.09%，说明操作手在对操作录取终端处理模拟空情想定，处理目标时，会消耗些许注意力放在询问机上。操作人员进行操作时，AOI 内平均回视次数分别为 5、2、7，平均注视点个数百分比为 36.11%、6.94%、56.94%，对功能操作窗回视次数及注视点个数明显高于雷达扫描窗，这说明操作手在功能操作窗集中分配了更多的精力，分散了本应在最重要的雷达扫描窗的注视，在一定程度上会导致扫描窗目标的丢失。

3 改进建议

针对上述眼动实验所暴露出来的问题，主要对

录取终端人机界面的人机交互方式和显示布局进行改进，增加语音交互，减少视觉负担；改进功能窗的选定方式，增加快捷键，减少视觉回视次数，将更多注意力集中在雷达扫描窗上；改变设备空间布局，将询问机布设位置进行变更，降低其对操作手注意力的影响^[8]。

3.1 增加语音交互方式

听觉作为人体获得外界信息的主要手段之一，在人机界面交互方面同样有着重要地位，尤其是视觉在受到环境空间和亮度限制时，听觉仍可以发挥作用^[9]；因此，增加语音交互方式对提高人机交互效率，减轻操作手视觉负担，缓解其精神压力，具有积极作用。

在操作手进行录取终端操作的整个过程中, 视觉信息的传递压力会十分繁重, 增加语音交互方式, 能够极大缓解视觉压力, 尤其是在全天候战备值班、夜间操作等精神疲劳状态下, 操作手的反应速度、精神状态急剧下降; 此时, 通过语音交互方式能够极大的吸引操作手的注意力, 进而提高反应时效, 保证及时发现并上报空情。

实现方式可以通过软件与硬件 2 方面入手。软件方面可在录取界面上加入声音提醒系统, 主要功能是在有新目标突然出现在录取显示界面上时, 能自动区分地物杂波, 产生声音信号, 再通过硬件方面安装上的扬声器, 对操纵手进行提醒, 具体表现形式是可通过在录取软件中写入声音提醒系统, 外在表现为在录取软件界面功能空白处, 如界面左下角空白区域加装以声喇叭图形开关, 从而控制声音提醒系统的打开与关闭。

3.2 对操作员输入方式进行改进

在功能操作窗口中, 每个功能有多种输入方式, 如鼠标输入、键盘输入、鼠标键盘配合输入, 这就导致在进行功能键选择时, 操作手需要多次回看功能操作窗以确保功能选择正确, 这样极大占用了雷达扫描窗的注视时间, 可能导致重要目标的漏批, 尤其是一些显隐目标, 可以对功能操作窗中的功能键按照操作顺序设置相应的快捷键, 对录取终端标准化键盘进行改进, 采用快捷键和鼠标相结合的方式对雷达扫描窗的目标进行操作, 避免了操作手回视功能操作窗, 保证操作手能够将更多的注意力放在雷达扫描窗, 降低对空中目标漏批、漏报的风险^[10]。同时, 采用快捷键的方式能够有效提高操作手的工作效率, 达到尽可能缩短时间的目的。

实现方式可以在原有标准键盘的布局位置对功能操作窗中的功能键进行分区, 将相关系数高、使用频率多的功能快捷键放到同一区域, 并依据人的手指操作范围设置快捷键的大小, 尽可能做到使手掌小范围移动就能满足对所有功能键实现操作, 降低操作手在功能操作窗分配的注意力^[11]。

3.3 更改设备空间布局

在进行警戒雷达录取终端人机界面操作时, 工作舱中共有监控机柜、录取机柜、询问/电源机柜 3 个机柜配合工作^[12], 每个机柜都装备不同功能的硬件设备, 在方舱中, 3 个机柜的位置由左至右分别为监控机柜、录取机柜、询问/电源机柜, 如图 3

所示。

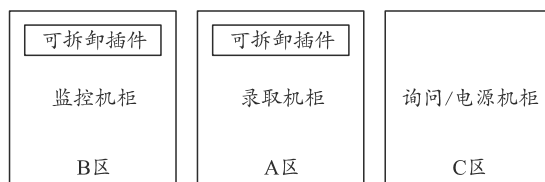


图 3 警戒雷达方舱布局

图 3 中录取机柜是雷达实现自身功能的核心机柜, 也是操作手进行人机交互最为频繁的机柜, 操作手在录取终端人机界面的操作中, 需要对已发现目标进行敌我识别, 此时就需要对目标进行询问。在上述机柜硬件布局中^[13], 询问机处于最右, 这就导致操作手在进行敌我识别操作时, 会对电源机柜操作手产生影响, 这也就使录取终端操作手实验时会更多的注意力分配在询问机上面。

录取机柜和监控机柜上方的可拆卸插件是为方便对这些机柜进行维修保养, 但在执行空情保障任务时作用有限, 可忽略不计, 现对硬件设备空间布局提出改进方案如图 4 所示。

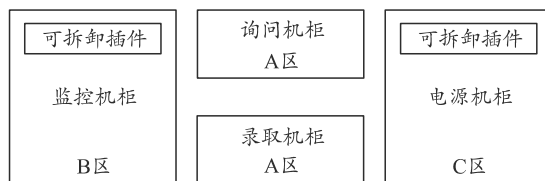


图 4 优化方案

将询问机加装至录取机柜上方, 对其相关功能和按键进行一并调整^[14], 将录取机柜上方的可拆卸插件调换至原询问机位置, 消除了录取终端操作手与电源机柜操作手的影响, 使录取终端操作手在执行整个空情任务时能够在一个机柜上进行操作, 有效减少在询问机操作时的注意力分配时间, 提高录取终端操作手的操作效率。

4 结束语

笔者采用无意识认知评估、用户体验和可用性评估相结合的方法, 对警戒雷达录取终端人机界面进行眼动实验, 通过对实验数据进行分析, 找出在操作手执行空情任务操作时的影响因素, 并针对影响因素提出改进优化方案, 为下步在改进警戒雷达录取终端人机界面设计时提供一定思路。受实验条件、硬件设备的限制未能完成眼动实验验证; 在样本选择时, 基数较少, 未能对不同年龄、不同级别操作手进行分层分级挑选。后续的人机界面眼动试验中, 会着重注意优化。