

机载大屏幕显示器人机工效及其标准初探

Research on Airborne Large-Screen Display Ergonomics and Standards

王旭峰/中国航空综合技术研究所

摘要: 分析了国内外机载大屏幕显示器人机工效发展现状,介绍了机载大屏幕显示器人机工效的关键技术,简述了国内外标准发展情况,提出了制定我国机载大屏幕显示器人机工效标准的建议。

Abstract: The current situation of airborne large-screen display ergonomics is analyzed, then the key technology is introduced in this paper. By analyzing the developing of large-screen display ergonomics standards, the paper discussed the suggestions of drafting domestic standards.

关键词: 大屏幕; 显示器; 人机工效; 标准

Keywords: large-screen; display; ergonomics; standard

0 引言

随着航空电子技术的飞速发展,飞机座舱显示系统的布局和信息显示方式发生了重大变化。传统的显示器布局和信息显示方式不但影响了飞行员执行任务和认知资源的时间,而且制约了座舱仪表板的利用率^[1]。近年来国外采用了新型的用

于综合显示多种不同信息的大屏幕显示器,来替代以往飞机中的多个多功能显示器。实践证明,采用机载大屏幕显示器能有效地增强飞行员对作战飞行中态势的感知,是一种提高操作效能的重要手段。

在机载大屏幕显示器的设计中涉及大量人为因素,特别是与人的视觉特点

和信息加工能力有关的问题更是关键,显示器显示信息人机工效已成为各方关注的重点。

本文分析了国内外大屏幕显示器人机工效技术发展情况,介绍了该领域涉及的关键技术,并基于当前标准现状探寻了编制我国相关标准的发展路径。

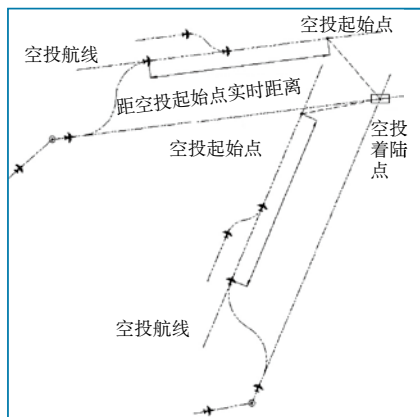


图5 任意方向空投起始点航线示意图

续进行空投。

3 结束语

空投起始点的确定对运输机执行空投任务的完成至关重要。在计算

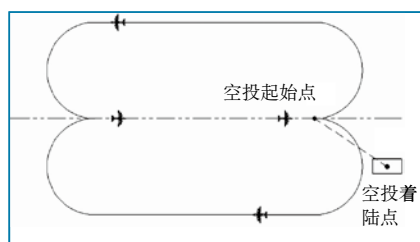


图6 复飞航线示意图

空投起始点时应考虑风场等因素的影响,才能保证计算出来的空投起始点的准确。在计算完空投起始点后,将坐标位置信息反馈给运输机,从而引导运输机按照指定航线进入空投起始点航线完成空投任务。

AST

参考文献

[1] 刘彬,谷京朝等.重物空投着陆

过程系统分析与仿真[J].空军雷达学院学报,2008,22(2):136-138.

[2] 王海涛,郭叔伟等.物伞系统空间运动模式分析[J].航天返回与遥感,2009,30(1):21-26.

[3] Darryn Cambell, Thomas Fill, Philip Hattis. An On-Board Mission Planning System to Facilitate Precision Airdrop[R]. AIAA-2005-7071.

作者简介

李党索, 硕士, 工程师, 主要从事空投空降工作。

张永吉, 高级工程师, 主要从事空投空降工作。

1 国外发展现状

机载显示器最直接的用途是增加飞行员的态势感知,提供尽可能多的战术信息。随着飞机要求的不断提高,分离的小型显示器已无法显示大量复杂的信息,严重影响了战术任务的执行。多年来,世界航空大国纷纷制定发展计划,直接或间接地研究机载大屏幕显示技术,成功开发了多型产品,并装备于诸多先进飞机^[2]。同时,为了提高机载大屏幕显示器的设计和使用水平,也开展了针对大屏幕显示器的人机工效研究。

国外机载显示器的人机工效研究,主要包括显示系统和显示介质(显示器件)与人的视觉特性的匹配研究。由于机载大屏幕显示器采用了新型的显示器件,以此构成的显示系统对人的视觉提出了新的挑战,在飞行员要接受新的显示介质(显示器件)的过程中,必须要考虑工效学的问题。

机载大屏幕显示器人机工效研究是电子显示器人机工效研究的延伸与发展。美、英、法等国对座舱一体化大屏幕显示视觉工效及其影响因素进行了大量研究,主要集中在大屏幕显示的数字符号的形状与大小、画面格式、显示信息种类和数量、显示信息分区等方面。美国一些研究者还探讨了大屏幕三维显示涉及的视觉问题,结合飞行任务,对“由外而内”和“由内而外”等不同形式参照系的视觉工效进行了比较研究,同时还探讨了三维显示和二维显示视觉效果差异。此外,还研究了大屏幕显示器使用过程中出现的注意分配、记忆负荷和视觉疲劳等现象。

美国人类科学中心开展了一项为期3年的研究项目,集中关注与机载大屏幕显示器相关的各种问题,并已经成功开发了具有大视角的下视显示器演示样机,用于评价人为因素问题,以及一些关键的、与飞行员和显示器有关的信息管理等问

题。研究表明,大面积、高分辨率的图像能显著提升飞行员的反应时间,其原理是通过将原先分离的若干显示器整合成单一的显示环境,并使用标准化的显示格式,如常用的颜色、图标等,以达到提高显示效率的目的。此外,研究结果还表明,以三维形式呈现的图像所传递的信息要大于二维形式所传递的信息量。

2 国内发展现状

1999年,我国研制的多功能显示器第一次采用有源矩阵液晶显示模块为显示器件,取代CRT显示器,标志着CRT显示器时代的结束与液晶显示器时代的开始。此后,我国加紧开展了机载液晶显示器的研制步伐,积极追踪国外先进的机载座舱显示技术,以型号需求为牵引,开展了相关论证和预研工作,突破了多项关键技术。近年来国内成功研制20"×8"、24"×9"大屏幕液晶显示器预研样机。同时,积极开展大屏幕显示器人机工效学方面的研究,大屏幕显示器的研究与应用正处于较快的发展阶段。

国内机载显示器的人机工效研究始于1985年。当时的研究对象是CRT显示器,目的是为机载CRT显示器和GJB 301—1987《飞机下视显示器字符》制定提供工效学数据,研究的主要内容是显示字符的尺寸和形状。“八五”计划期间,研究对象也是CRT显示器,研究内容包括CRT显示器的自动亮度调节曲线、显示字符的颜色编码、显示信息和字符画面的工效研究、显示器的小型化等。“九五”计划开始,国内开始研制有源矩阵液晶显示器,机载显示器人机工效的研究对象开始转向有源矩阵液晶显示器,研究内容包括有源矩阵液晶显示器的自动亮度调节曲线、显示字符的颜色编码,特别是微光环境下的颜色编码研究等。

在大屏幕显示器人机工效研究方

面,结合大屏幕显示器样机的研制,初步构建了能模拟起飞、降落、巡航等基本飞行任务的模拟座舱和模拟飞行中光环境变化的实验室,通过该实验室为座舱显示人机工效研究与评估提供必要的条件,在此基础上开展相关人机工效的实验和研究。研究内容既有显示格式、显示字符等,也包括显示最佳视区与视距、控制、最佳亮度等。这些研究工作为机载大屏幕显示器的设计提供的重要依据。

3 机载大屏幕显示器人机工效关键技术

机载大屏幕显示器人机工效研究是围绕三维显示、数字地图合成等一体化大屏幕显示新技术而展开的,对优化座舱人机接口、增强态势感知有显著作用。其涉及的关键技术主要包括以下方面。

1) 显示信息布局(信息分区)

大屏幕显示器能满足大量信息更多、更快的显示要求,并减少了控制部件与操作程序。而大量信息如何在显示器上正确显示,且既满足各个飞行阶段的作战需求,又要符合飞行员的作战习惯,使飞行员能快速反映,离不开合理的显示信息布局。显示信息布局不合理将直接造成飞行员的视觉疲劳,影响作战功效,更可能贻误战机,甚至造成事故。

因此,大屏幕显示器显示信息的布局应充分考虑人机工效要求,尽可能满足飞行员习惯。按各飞行阶段飞行和战斗所需信息,设计各个任务阶段与分阶段的显示信息要求,可采用全屏或分屏显示方式,内容覆盖相关飞行阶段飞行和战斗信息,包括紧急与应急信息等要求,满足飞机的飞行作战需求。

2) 基本显示格式与主画面的显示格式

大屏幕显示器显示格式是信息显示的关键,在充分考虑信息分区的基础上,

确定各飞行阶段基本显示格式、显示格式中数字符号的形状与大小、同时呈现的信息种类、信息数量等方面的要求,并结合信息密度、视觉扫描时间和信息搜索时间,确定各个主画面显示格式的各种要求。

此外,由于各飞行阶段的主画面可全屏或分屏显示,若信息量过分拥挤,将直接影响飞行员的视觉效应,因此,有必要对最大信息量进行必要的相关工效实验。

3) 字符显示

字符显示是大屏幕显示器显示信息最直观的表现形式,也是构成显示画面的基础,设计合理与否直接关乎飞行员的判读和操作,大屏幕显示器的人机工效设计必然离不开显示字符的设计。

字符显示既要注意显示字符的标准化,又要注意字符的大小与呈现位置对视觉辨认的影响。字符显示人机工效研究的重点有两方面:一方面是字符显示信息的编码^[3],包括亮度编码、闪光编码、模式和位置编码、颜色编码、符号和图标设计等。此类编码应具有可辨性、可理解性,而且具有连贯性,不降低信息的传送时间。另一方面是字符显示格式,应采用简单明了的方式显示信息,使传递信息的格式能直接表达信息的内容,减少译码的错误;同时,还要增强显示格式与所表示意义之间的逻辑关系,使有利于识读的格式。显示格式不仅具有最优的知觉路线,而且还能扩大飞行员短时记忆的容量,提高模式识别能力,进而优化分配“人—机”动作,使飞行员的操作变得更加有效。

4) 夜航中大屏幕显示的字符亮度与座舱照明的兼容性

显示器显示信息设计中人机界面重要的一环是要充分考虑人的视觉因素。由于大屏幕显示器液晶显示的特性,在不同的环境照度条件,字符亮度直接影

响飞行员的视觉效应,在白光照度条件下的字符亮度兼容性可继续按照液晶显示器的ABC曲线。但在夜间飞行中,大屏幕显示的字符亮度应当与座舱整体照明相兼容,使飞行员既能快速准确地辨认每幅画面上呈现的各种大小的颜色字符,又能保持良好的视觉暗适应性,从而顺利地进行舱内外交替观察。

因此,应通过试验分别确定夜航中大屏幕器显示字符的适宜亮度与亮度上限^[4]。其中,字符的适宜亮度是指保证各种颜色的最小字符都清晰易辨,且在视觉上比较舒适;字符的亮度上限是指不影响夜间对舱外观察的暗适应性而设定的最大亮度,以此来提高显示的视觉工效,保证飞行安全。

5) 颜色编码

显示器颜色编码可以提高飞行员观察信息的快速性,特别是在繁重的工作负荷情况下,能有效节省飞行员的时间,挤出时间处理其他事务。对于大屏幕显示器而言,颜色编码能提高分屏显示和三维显示的效果,使飞行员的分辨能力和反映速度显著提升。此外,对于告警指示,一般采用闪烁、声音与颜色的方式。因此,颜色编码也是告警的重要方式。

在编制GJB 301—1987时明确规定不能采用形状相同、仅用颜色编码来区别的信息,这是为防止在显示器彩色失效时不能区别信息而必须遵守的准则。但随着彩色液晶显示器的使用,情况有了变化,由于彩色液晶显示器不存在较大面积内彩色失效问题,颜色编码已是区别信息的重要标志之一,如在MIL—STD—2525《通用战斗机字符》中规定,对友方采用蓝色,对未知方采用黄色,对敌方采用橙色。

6) 微光环境中大屏幕显示颜色编码

大屏幕显示器颜色编码的视觉效果取决于多种因素,这与人眼的颜色辨

别机制有关。人眼的视网膜上有两种感光细胞,一种是锥体细胞,在亮环境下(环境亮度 $\geq 3\text{cd}/\text{cm}^2$)起作用,能分辨物体细节与颜色,称为明视觉;一种是杆体细胞,在暗环境下起作用,对光的敏感性高,但不能分辨物体细节与颜色,称为暗视觉。明视与暗视之间的中间状态称为中介视觉,在微光环境下起作用,对颜色的辨认能力比较弱。

夜航中使用大屏幕显示器时,需要根据人眼的中介视觉特点,合理选择颜色编码的编码色和色度值。可采用模拟实验方法,确定在绝对判断与相对判断两种条件下,适合于微光环境中使用的大屏幕显示颜色编码系统,包括编码色的色度范围和数量限制。

7) 三维显示

在未来作战环境中,飞机拥有的信息会激增到人的认知能力无法承受的地步。20世纪80年代后期提出、90年代发展起来的飞行员辅助系统,又称电子飞行工程师,利用基于人工智能的飞行员—飞机智能接口技术,将任务规划所需的信息以二维、三维和四维的图形/图像形式,即虚拟座舱显示形式,直观、清晰和真实地显示给飞行员,来增强飞行员对战术态势的评估,辅助战术决策,减轻飞行员的工作负担,提高其执行任务的有效性。其中,形象逼真的真三维显示能大大缩短飞行员对目标/威胁的识别时间,而同时配备的数字地图,又能充分提高飞行员飞行、导航、作战能力,这已成为大屏幕显示器非常有效的信息显示手段。

8) 触敏显示键盘控制和话音控制

未来大屏幕显示器信息显示的控制可采用话音控制、触敏显示键盘控制、可编程键控制和握杆控制方式,从而构成航空电子系统多通道人机交流通路。

触敏显示屏有扫描红外式、电阻重叠式、电容重叠式和表面声波等多种形

式。它们没有机械装置、可靠性高,且节省了空间。但触敏显示屏手感较差,在带手套情况下,直接影响操作。在非紧急情况下,良好的语音控制,可确保飞行员真正的手不离杆的平视飞行,但在高过载和大背景噪声情况下,语音识别的可靠性尚待进一步实验研究与评估。鉴于这些控制方式各有优缺点,而且在许多情况下不能简单地互相替代,因此应进行人机工效试验,综合利用、合理配置,以实现人、机的有效交流。

4 机载大屏幕显示器人机工效标准分析

4.1 标准现状

机载大屏幕显示器技术属于先进航空技术,鉴于技术保密等诸多原因,国外的相关标准并未公开。但形成了很多人机工效标准化,主要包括:

1) MIL-STD-1472《军用系统、装备和设施的人体工程设计标准》。该标准是对装备人机工效规定较为完整、被其他规范引用最多的标准,其5.2条规定了视觉显示器的要求,内容较丰富,对海、陆、空各军兵种都适用。由于其通用性强,故对于机载条件下显示器特殊的人机工效要求没有描述,因此对于因显示介质不同而带来的一系列人机工效问题加规定。

2) MIL-STD-1295《直升机座舱电光显示符号的人机工程设计准则》。该标准是为直升机电光显示器显示符号制定的一项人机设计准则,规定了有关的显示信息和相应的显示符号要求,涉及直升机飞行、战斗、外挂、武器状态、故障显示等信息。尽管该标准内容全面,但它实际上仅限于直升机显示字符。

3) 相关SAE标准。美国SAE标准中涉及了一些有关机载多功能显示器的人机工程要求,如1995年发布的SAE-ARD-50019《视觉增强系统的人机工程准则》、

1995年发布的SAE-ARP-5108《空中交通分层告警显示技术的人机接口准则》、1997年发布的SAE-ARP-5365《座舱显示器交通信息人机接口准则》、2001年发布的SAE-ARP-5430《垂直情况显示器人机工程准则》。其中,SAE-ARD-50019主要规定的是有关飞机着陆问题的内容;SAE-ARP-5108和SAE-ARP-5365规定的是有关交通信息和空中交通管制的情况;SAE-ARP-5430详细规定了垂直情况显示器人机工程准则,包括:设计目标、图像显示选择、系统功能—潜在功能、飞行驾驶舱综合、基本信息内容三维导航显示器、告警显示、控制等内容。

目前我国尚无机载多功能显示器人机工效标准,更没有大屏幕显示器人机工效的标准。在有关机载多功能显示器的国家军用标准中,对人机工效要求的规定很简单,大多执行的GJB 2873—1997《军事装备和设施的人机工程设计准则》,这也是国内标准匮乏的结果。另外,HB 6697—1993《民用飞机多功能显示器最低性能标准》等现行的航空标准对人机工效要求的规定则分散在有关条款中,且无具体定量指标要求。

近几年国内结合型号研制需求,积极开展机载大屏幕显示器型号标准化工作,编制了相关型号规范,其中也有人机工效方面的成果,这对于形成自主的标准大有裨益。

4.2 制定我国机载大屏幕显示器人机工效标准的建议

对于目前我国机载大屏幕显示器人机工效设计而言,当务之急是制定具有顶层指导作用的设计标准,以满足产品设计需求。例如,标准预研中编制了《机载大屏幕显示器显示信息人机工效设计准则》标准草案。该草案详细规定了机载大屏幕显示器的设计目标、显示原则、视区与视距、字符、显示格式及颜色编码等

内容,是机载大屏幕显示器人机工效标准建设领域的重要探索,为今后编制国家军用标准和航空标准奠定了基础。

同时,在机载大屏幕显示器产品标准的制定过程中也要积极纳入明确的人机工效要求,保证在产品的设计、研制、试验等过程中都能考虑人机工效因素,以完善产品技术指标体系。此外,对于机载大屏幕显示器人机工效技术来讲,大量的试验验证是必要的,因此,试验方法类的标准是必不可少的。这也是后续相关标准发展的重点。

5 结束语

人机工效对于机载大屏幕显示器的设计和研制至关重要,以此为基础研制的产品必然能有效增强飞行员对作战飞行中的态势感知,提高飞行操作效率。今后,应积极围绕机载大屏幕显示器人机工效关键技术,开展相关专项研究和试验验证,并结合国内技术发展现状和产品研制需求,开展标准建设工作,重点制定当前急需的机载大屏幕显示器人机工效技术标准。

AST

参考文献

- [1] 霍曼.飞速发展的航空电子[M].北京:航空工业出版社,2007.
- [2] 邢新强,李国超,肖锋.机载座舱显示发展趋势分析[J].飞机设计,2010(2):34—36.
- [3] 舒振杰,王旭峰.飞机显示器字符标准分析[J].航空标准化与质量,2011(3):7—10.
- [4] 郭小朝.国内军用飞机座舱工效学研究进展[J].人类工效学,2005(1):57—58.

作者简介

王旭峰,工程师,硕士,从事航空电子标准化研究。