

引用格式:程金陵,叶军晖,严林芳.触控技术在民用飞机驾驶舱的应用研究[J].电光与控制,2017,24(7):105-107,112. CHENG J L, YE J H, YAN L F. Application of touch-screen control in future civil aircraft cockpit[J]. Electronics Optics & Control, 2017, 24(7):105-107, 112.

## 触控技术在民用飞机驾驶舱的应用研究

程金陵, 叶军晖, 严林芳  
(中国商飞上海飞机设计研究院, 上海 201210)

**摘要:**在梳理分析当前触控技术发展现状的基础上,结合未来民用飞机驾驶舱显示控制的发展需求和趋势,分析了触控技术的使用场景、预期功能以及需满足的技术要求,并提供了符合性验证思路方面的考虑。

**关键词:**民用飞机驾驶舱; 触摸屏控制技术; 直接操控接口

中图分类号: V243.6 文献标志码: A doi:10.3969/j.issn.1671-637X.2017.07.022

## Application of Touch-Screen Control in Future Civil Aircraft Cockpit

CHENG Jin-ling, YE Jun-hui, YAN Lin-fang  
(Shanghai Aircraft Design & Research Institute, COMAC, Shanghai 201210, China)

**Abstract:** Analysis is made to the current development status of touch-screen control technology. According to the development demand and trend of display control in future civil aircraft cockpit, the usage scenario, intended function and technical requirements for touch-screen control are investigated, and compliance verification considerations are also proposed.

**Key words:** civil aircraft cockpit; touch-screen control; direct manipulation interface

### 0 引言

随着民用航空运输的发展及科学技术的进步,综合化、直观化的显示控制系统将成为未来民用飞机驾驶舱的必然发展趋势<sup>[1]</sup>。触摸屏控制(以下简称触控)技术作为最直观、便捷的操作控制手段之一,在消费电子领域已具有十分广泛和成熟的应用历史,近些年来其在民用飞机驾驶舱内的应用也得到了广泛的关注,引发越来越深入的研究。目前,业界已推出一些支持触控的显示器产品,并初步应用于民用飞机驾驶舱的显示控制。然而,由于多种因素特别是适航安全性等方面的限制和约束,触控技术在民用飞机特别是大型民用飞机的驾驶舱显示控制领域中的推广应用还面临很多挑战。本文在梳理当前触控技术发展现状的基础上,结合未来民用飞机驾驶舱显示控制的发展需求和趋势,分析了触控技术的使用场景/预期功能以及需满足的技术要求,并提供了符合性验证思路。

### 1 触控技术发展简介

触控技术是一种实时控制手段,即飞行员通过直接触摸和操作显示器的屏幕即可达到控制显示格式和内容目的。在飞机驾驶舱内实现基于触控的人机交互的思想最早可追溯至美国空军在1986年提出的“超级驾驶舱”概念<sup>[2]</sup>。美国航空航天局也早在1990年就开展了对驾驶舱大屏显示器触控输入交互概念的研究<sup>[3]</sup>,该研究项目中通过模拟器试验对触摸屏、跟踪球及键盘等3种不同的输入方式进行对比评估。结果表明,在干线民用飞机驾驶舱环境下,触控的使用区域应布置在离油门台较近的区域,这样飞行员相对易于操作。1991年触控技术首先于法国达索公司的阵风战斗机上获得驾驶舱实际应用<sup>[4]</sup>。自那以后,业界多家航空电子系统厂商开展了大量的应用研究和产品开发实践,并陆续推出用于民用飞机的基于触控技术的显示器或控制板产品。图1为Garmin公司提出的多点触控驾驶舱概念图<sup>[5]</sup>,该设计概念采用仪表板上安装4个15.4 in(1 in=2.54 cm)宽屏显示器、中央操纵台上安装2个6.75 in显示器的整体布局,显示器采用电容触摸屏,支持单点和两点触控操作。

收稿日期:2016-09-10

修回日期:2016-09-26

作者简介:程金陵(1986—),男,河南信阳人,硕士,研究方向为民用飞机驾驶舱显示和机组告警系统。



图 1 全触控驾驶舱显示概念

Fig. 1 Full touch-screen cockpit display concept

## 2 触控技术在未来民用飞机驾驶舱内的应用考虑

### 2.1 使用场景/预期功能定义

触控作为一种直接操控接口(DMI)<sup>[6]</sup>,飞行员在显示器屏幕上的触摸对象即为其欲操作控制的对象,因此控制效果显得非常直观,对于操作人员来说易于接受和掌握。但考虑到民用飞机驾驶舱的环境特性,如空间布局、动态环境、人为因素及适航安全性等,需严谨地分析和定义触控技术在驾驶舱操作中的使用场景和预期功能。

以下分别从不同利益相关方的需求角度来分析触控技术的使用场景和潜在经济技术可行性。

1) 从航空公司等飞机运营商的角度看,接受或推广触控技术应用的合理解释应为:在不降低现有安全性水平的前提下,通过采用支持触控的显示器,减少驾驶舱操作相关物理硬件控制板的数量(甚至完全替代),提高飞行效率,并降低运营成本(直接使用成本、备件成本和培训成本等)。

2) 从飞行员等驾驶舱直接用户的角度看,对目前的电子飞行包(EFB)等驾驶舱辅助显示和控制领域采用触控操作已不陌生,但若在驾驶舱主显示器上进行触控操作,则触控必须能提供良好的功能性能、人机功效和安全保证。

3) 从适航当局的角度看,采用触控技术应至少保证与现有驾驶舱操作同等的安全性水平,并在满足未来通信导航和监视/空中交通管理(CNS/ATM)的运行需求时,有进一步提升驾驶舱操作和飞机运行安全性水平的潜力。

4) 从飞机制造商的角度看,在保证适航安全性的前提下,在驾驶舱显示控制领域中引入触控技术,通过减少物理硬件控制板设备的配置,有助于节省宝贵的驾驶舱空间资源、减轻飞机重量,同时也能迎合降低飞机运营商成本、提升飞行员飞行体验的终极需求。全方位支持触控的显示系统也会让驾驶舱变得更加简洁、美观。此外,通过联合业界航空电子系统供应商的

优势力量和资源,积极研究、探索触控在驾驶舱内的应用广度和深度,也有利于顺应行业技术发展趋势并提升飞机产品的市场竞争力。

基于以上利益相关方的期望,对于触控技术在驾驶舱显示控制领域中的预期功能和应用范围,可按照应用范围逐步扩大、应用程度逐步深入的原则从以下两个层面进行界定。

1) 首先,仅将触控操作定位为冗余的控制手段。即仍然保留现有驾驶舱内的全部物理硬件控制板(显示控制板、多功能键盘和光标控制装置等),然后再延伸至替代部分现有的物理硬件控制板,并最终扩展至替代驾驶舱显示控制相关的全部物理硬件控制板,实现全触控驾驶舱显示与控制设计概念。未来,除替代驾驶舱显示控制相关的物理硬件控制板之外,还可探索进一步将其他飞行操作相关控制板,如飞行控制板(Flight Control Panel, FCP)等的相关功能和操作基于显示器的触控进行替代。

2) 其次,仅在地面运行如地面维护操作、飞行前驾驶舱准备等应用触控操作。通过一定的逻辑设计,使得触控操作在飞机飞行中不可用,然后再延伸至飞行全任务剖面内均可触控操作。为简化构型控制,降低航空公司备件成本,同时利于后续升级和扩展,在初次引入触控技术时,即保证驾驶舱内的显示器构型一致且唯一(均支持触控操作),而通过构型跳线和软件控制来开放或屏蔽触控操作。

### 2.2 技术要求分析

在明确定义触控操作的预期功能后,为确保在各种可预期的运行环境条件下均可实现其预定功能,触控操作还应满足以下要求。

在性能方面,触控操作应至少确保:

- 1) 提供与预期控制操作任务相适应的触控感应时间和计算精度。
- 2) 在各种环境亮度条件下均可用,包括阳光直射(10000 fc, 1 fc = 10.764 lx)的情形。
- 3) 性能水平尽量少或不受油污、磨损和老化影响。
- 4) 尽量无需定期校准。

在人为因素和适航安全性方面,美国联邦航空局(FAA)咨询通告 AC 20-175 对基于触摸屏控制装置提出了设计、安装和集成要求<sup>[7]</sup>。触摸屏控制装置的设计、安装和集成应满足以下人为因素和适航安全性要求。

1) 系统应满足中国民用航空规章 25 部(CCAR 25 R4)<sup>[8]</sup>中的 § 25. 611, § 25. 771, § 25. 777, § 25. 1301, § 25. 1322, § 25. 1381, § 25. 1523 和 § 25. 1555 等适航条款。这些适航条款主要涵盖了对触控装置可达性、操作的便捷性、预期功能、标记和标识、最小机组及飞行员疲

劳等方面的考虑。

2) 触控操作的设计应与飞机级驾驶舱控制设计理念保持一致。

3) 触控操作的设计应考虑使用者即飞行员相关的一些因素,包括身高、身材比例、手臂和手指大小等物理属性以及相关的使用经验等非物理属性。为确保触控装置设计的合理性并能获得适航批准,在设计时,可以假设飞行员此前无触控操作经验。

4) 在所有可预期的照明条件下,触控操作应均可用。显示器触摸屏上与控制功能和操作方法相关的标识等相关信息应在所有可预期的照明条件下可读,需评估的照明条件至少应包括阳光直射到显示器屏上、阳光通过正前方窗户照射到白色衬衫上且被反射到显示器屏上、前方水平线和云层上方的阳光映入驾驶员视野内及暗夜环境下(夜航)等。显示屏上支持触控操作的软按键在设计时尤其需要考虑各种照明条件的影响。

5) 触控操作的设计应考虑能兼容飞行员戴手套操作的情形,若不支持戴手套操作,则须在飞行手册或飞行手册增补的限制部分中进行明确。

6) 触控操作的设计应考虑紊流和振动等动态环境条件。振动不但影响飞行员完成预期控制操作的能力,还可能会引起飞行员无意激活或误操作控制装置。

7) 飞行员在操作触摸屏控制时,触摸屏对手指位置的感应应是可预测和明显的。

8) 触控装置应设计成左手为正手或右手为正手的飞行员均可操作。

9) 应清晰界定显示屏上有效的触控功能区域并确保飞行员很容易就能识别出有效控制功能区域。在预定有效区域内的手指移动不应无意操作其他有效区域。

10) 触控操作的设计应考虑在激活某个功能前按需提供提供一个确认步骤,以防止误操作,但也要考虑设置确认步骤的需要与增加飞行员负荷之间的平衡。适当时,可提供纠正不正确激活或输入的途径。

### 2.3 符合性验证规划

如前所述,在民用飞机驾驶舱显示控制领域中引入触控操作的确能带来不少好处。一方面,从飞行员交互来讲,操作更加直观化,基本不需太多的思考即可操作,且手眼协调性更好;另一方面,从驾驶舱定义来讲,触控操作设计提供了更多的软件灵活性并且优化了驾驶舱空间,因为增加新的功能时,无需再增加额外的操作控制物理设备。但考虑到可达性和飞行员疲劳等因素,触摸屏也只能安装在驾驶舱内特定的位置。实际上,若触摸屏设计和安装不合理,触控操作可能会引起飞行员肌肉疲劳和肌骨损伤,并影响人机交互体验<sup>[9]</sup>。因此,若在驾驶舱显示控制领域中引入触控操

作,须基于前述分析的使用场景/预期功能和技术要求,完成从运行概念论证(PoC)演示到系统需求确认和验证的完整符合性验证过程。

图2给出了可支持对触控操作概念进行论证演示、需求确认和设计验证的理论模型。基于此模型,在不同的设计研制阶段,可基于所验证的具体目标和任务不同,搭建具有不同仿真度的开发环境。例如,在项目早期阶段,可通过计算机虚拟现实等技术手段开展初步评估;概念设计完成后,可搭建原型机(实物驾驶舱概念样机)并邀请飞行员参与评估,通过多轮迭代优化设计方案;系统和飞机试验平台可用后,可通过模拟器试验和飞行试验等验证触控操作在各种可预期的环境条件下是否满足前述的技术要求,并最终确认能满足各利益相关方的需要。

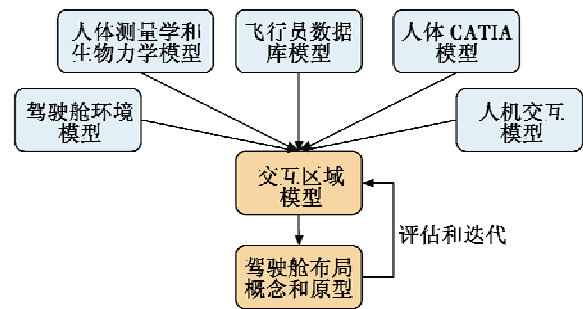


图2 触控操作概念开发理论模型

Fig. 2 Theoretical model for touch operation concept development

### 3 总结及建议

民用飞机驾驶舱显示控制引入触控操作设计已成为当今的行业热点话题,各大飞机主制造商和航空电子系统供应商均在积极投入资源开展相关的应用研究和探索,驾驶舱触控操作应该说已成为技术发展趋势。目前,支持触控操作的民用飞机驾驶舱显示概念相对来说还是一个新事物,将其广泛、深入地实际应用于驾驶舱操作的过程还面临很多的挑战。

本文从触控技术在驾驶舱显示控制操作中的使用场景/预期功能、技术要求和符合性验证思路等方面提出了一些思考,供民机设计相关人员借鉴参考。

### 参考文献

- [1] 程金陵,徐世宁,严林芳.民用飞机驾驶舱综合显示系统的发展趋势[J].民用飞机设计与研究,2009(4):1-3.
- [2] ALAPETITE A, ANDERSEN H B, FOGH R. A departed view concept for touch interaction[C]//International Conference on Advances in Computer-Human Interactions, 2013:22-27.

(下转第112页)

数化模型设计两三天就可完成,设计效率提高了3倍。而且设计差错率减少,产品生产周期也降低。该项研究的成功应用,也为其他成熟零件及部件的模块化设计奠定了基础,对增强产品核心竞争力,亦具有非常重要的意义。

### 参 考 文 献

- [1] 洪如瑾,陈焱. UG CAD 快速入门指导[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [2] Unigraphics Solutions Inc. UG WAVE 产品设计技术培训教程[M]. 洪如瑾,译. 北京:清华大学出版社,2002.
- [3] 龚勉,唐海翔,赵波,等. UG CAD 应用案例集(NX 版)[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [4] 章兆亮. UG NX5.0 宝典[M]. 北京:电子工业出版社,2009.
- [5] 杨安春,高新红. UG NX5 中文版软件速通与实训手册[M]. 北京:中国青年出版社,2008.
- [6] 张晓红,刘建潮. UG 软件应用[M]. 武汉:武汉大学出版社,2009.
- [7] 赵波,陈向军,洪如瑾. UG NX4 相关参数化设计培训教程[M]. 北京:清华大学出版社,2007.
- [8] 高航,张耀满,王世杰. 基于UG的CAD/CAM技术[M]. 北京:清华大学出版社,2006.
- [9] 陈德龙,陈大治. UG NX 系统应用技巧[M]. 北京:清华大学出版社,2006.
- [10] 郎代兵. UG NX 汽车自动化设计[M]. 北京:清华大学出版社,2006.
- [11] 辛海霞. 基于 AUTO CAD 的轴结构设计的研究与表现[J]. 广西轻工业,2011(7):45-47.
- [12] 邢亮. 基于 Pro/E 的桁架式臂架结构参数化设计与分析[D]. 武汉:武汉轻工大学,2012.
- [13] 左辉. 基于 Solid-works 的弹头结构参数化设计方法[J]. 兵工自动化,2013(7):6-8.
- [14] 田洪清. 基于 UG 的伸缩式皮带输送机臂架结构参数化设计[J]. 机电产品开发与创新,2014,27(1):62-64.
- [15] 宋玉旺,胡毕,席平. 航空发动机叶片 CAD 技术综述[J]. 航空制造技术,2009(17):52-56.
- [16] 张倩. 某核心机结构参数化设计与盘轴优化设计技术研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2014.
- [17] 李平平,席平. 特征建模在航空发动机典型结构件参数化设计中的应用[J]. 航空制造技术,2005(3):81-83.
- [18] 付宝莹,朱珊莹. 基于 AUTO CAD 的发动机制作支撑脚参数化设计[J]. 机械工程与自动化,2008(5):60-62.
- (上接第 104 页)
- [4] 朱承希,李阳,施家明. 基于光机热集成分析法的红外成像系统热设计[J]. 红外技术,2015,37(5):380-386.
- [5] 卫星. 某型光电探测系统可靠性增长评估[J]. 电光与控制,2012,19(8):86-89.
- [6] 宋蓓莉,杨电,赵先明,等. 热分析在光电模块可靠性设计上的应用研究[J]. 激光与光电子学进展,2011,48(7):61-67.
- [7] 涂创. 光电产品的可靠性仿真试验[J]. 舰船电子工程,2012,32(8):115-117.
- [8] 张镜洋,常海萍,王立国,等. 小卫星瞬态热分析模型修正方法[J]. 中国空间科学技术,2013,33(4):24-30.
- [9] 王开山,李传日,郭恒辉,等. 基于相关性分析的 PCB 热力学模型修正[J]. 装备环境工程,2014,11(5):119-124.
- [10] 施道云,杨光,张卫国,等. 基于 Isight/Fluent 联合仿真的热模型修正方法研究[J]. 科学技术与工程,2016,16(4):205-209.
- [11] 许国太,闫春杰,霍英杰,等. 空间用斯特林制冷机结构的发展[J]. 真空与低温,2008,14(3):167-171.
- [12] 仰叶,朱魁章,刘婷,等. 红外探测器封装技术[J]. 低温与超导,2010,38(12):4-8.
- [13] 陆彭飞,刘向农,王铁军. 小型分置式斯特林制冷机理论冷量的计算方法[J]. 低温与超导,2008,36(11):17-20.
- (上接第 107 页)
- [3] JONES D R, PARRISH R V. Simulator comparison of thumbball, thumb switch and touch screen input concepts for interaction with large screen cockpit cockpit display format[J]. NASA Technical Memorandum, 1990(10):125-136.
- [4] CONI P, LALUQUE L, PERBET J N, et al. Capacitive touch-screen under electromagnetic environment [C]//Euro Display Conference, 2011:67-82.
- [5] BARCO. Touch future leaflet[EB/OL][2016-09-10]. <http://www.barco.com/~media/Downloads/Brochures/2012>.
- [6] MERTENS M, DAMVELD H J, BORST C. An Avionics touch screen based control display concept [C]//Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering, 2012:83830L-1-83830L-13.
- [7] Department of Transportation Federal Aviation Administration. AC 20-175 controls for flight deck systems[S]. Washington DC:FAA Aircraft Certification Service, 2011.
- [8] 中国民用航空局. CCAR-25-R4 中国民用航空规章第 25 部:运输类飞机适航标准[S]. 北京:中国民用航空局, 2011.
- [9] BARBE J, WLOFF M, MOLLARD R. Human centered design approach to integrate touch screen in future aircraft cockpits [C]//International Conference on Human-Computer Interaction; Interaction Modalities and Techniques, 2013:429-438.