

# 技术研究

jì shu yán jiū



## 民机新一代驾驶舱显示技术

张 伟

(上海飞机设计研究院市场研究中心, 上海 200232)

The Next Generation Cockpit Display Technique of Civil Aircraft

Zhang Wei

(Marketing Research Center of SADRI, Shanghai 200232, China)

**摘要:**在研究最新大型民用客机驾驶舱显示技术及平视显示器、电子飞行包、视景增强、合成视景等一系列新兴在研技术基础上,提出新一代驾驶舱显示技术的构想。新一代驾驶舱显示技术将以形象化的信息表达能力为基础,显示更丰富的周围环境,以达到降低飞行员工作量及提高飞行员情景意识和态势感知能力的目的。

**关键词:**驾驶舱显示;平视显示器;电子飞行包;视景增强;合成视景

**【Abstract】** Basic on the research of the newest civil trunk liner cockpit display technique and the technique of Head-up Display, Electronic Flight Bag, Enhanced Vision, Synthetic Vision and so on that are now being studied, the article recommends a structure of next generation cockpit display. The next generation cockpit display shall basic on the ability of information visualize explanation, displaying more abundance ambient situation, to achieve the purpose of reduce pilot's workload and improve pilot's situation awareness.

**【Key words】** Cockpit Display; Head-up Display; Electronic Flight Bag; Enhanced Vision; Synthetic Vision

## 0 引言

驾驶舱显示经历了从简单仪表显示到综合显示,从初步综合显示到高度综合显示的发展过程。早期的飞机上没有电子设备,主要依靠手动飞行和目视导航或简单的仪表导航。随着无线电技术的发展,出现了早期的无线电导航设备,飞行仪表系统通过一个个分立的飞行仪表显示飞机所处的位置和飞行状态。随着飞机的功能和性能要求不断增加和提高,飞机上的电子设备在不断增加,飞行员需要了解和控制的信息越来越多,电子与显示技术出现了初步的综合。随着超大规模电路、高速数据总线、软件等的发展,航空电子系统出现高度综合化的趋势,新一代的驾驶舱显示技术应运而生。

## 1 驾驶舱显示综述

参考主要大型民用客机 A380、A350XWB 和波音 787 驾驶舱显示技术和布局,驾驶舱显示布局的趋势如图 1 所示。

驾驶舱显示主要由大屏幕彩色液晶显示器和控制板组件组成,其中包括主飞行显示器(PFD)、多功能显示器(MFD)、平视显示器(HUD)、电子飞行包(EFB)、综合备份仪表、时钟、显示控制面板(包括主飞行控制板、显示控制面板、选择控制面板、键盘鼠标等)和其他控制板(系统状态控制板、音频、无线电管理板等)

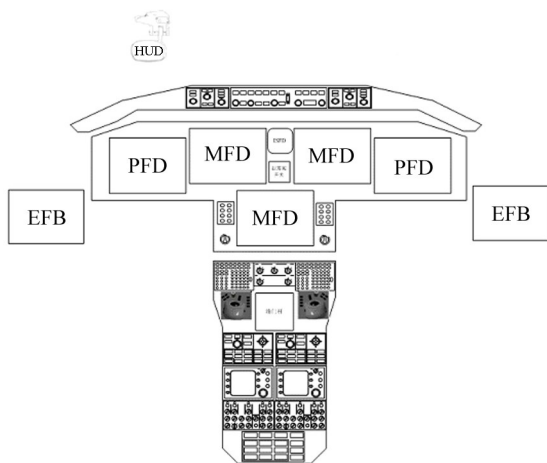


图 1 新一代驾驶舱显示布局图

驾驶舱显示的主要技术趋势包括:

- (1) 显示综合化;
- (2) 大屏幕显示;
- (3) 新显示区域;
- (4) 新显示功能。

显示综合化是将更多的新显示功能和新显示方式,综合显示到相应的显示器上。

波音 787 驾驶舱显示器的屏幕已达 15in。而某些军用飞机,例如 F-35,甚至出现了整屏的驾驶舱显示。大屏幕显示的主要目的在于:①将显示内容尺寸扩大;②便于增加更多的显示功能。大屏幕显示将有效增强飞行员的情景意识和态势感知能力。

民机新一代驾驶舱的信息显示特点主要有以下

几个方面。

### 1.1 形象化的信息表达能力

为获得更好的人机功效,对那些无需严格定量显示的信息,例如,地形、天气等,采用风景格式显示,尽可能减少数据,提高状态意识。通过形象化的信息表达取代原有的字体或符号式信息显示。

但同时,过于丰富的信息也不利于驾驶员的判断,应尽可能剔除无关信息。例如,颜色太丰富容易引起混淆。颜色本身就是一种信息。

### 1.2 三维信息能力

在形象化的信息中,最具优势的是三维(立体)格式。因此,新一代驾驶舱的信息显示中,必须认真研究最佳的三维显示格式。

为了简化表达,在必要时,只需要用二维图形即能代表完整的相关信息,此时,应符合从简原则,使用平面图形,使得画面精练而精致。

在三维形象化信息设计中,最主要原则是看看少什么(See What You've Been Missing)。即使用飞行机组人员非常熟悉的引导方式,但内容却变成了无关天气和气象情况,均按目视飞行规则(VFR规则),即所见即所得的飞行环境方式飞行。

关键信息要素的原则如下:

(1)方便(Ambient):飞行员无需额外操作,便能收集相关信息。

(2)自然(Natural):飞行员无需额外操作,便能查看相关信息。

(3)连贯(Continuous):飞行员无需额外操作,便能更新相关信息。

### 1.3 新的显示内容和流程

信息形象化之后,需要重新确定即时性和计划性信息,以保障这些有区别的信息更清晰、更完整、更连贯。

要做好飞行阶段间的信息流程,确保信息的形象化连接,以保证飞行机组的思维具有可连续性。

在三维与二维格式中,要特别注重考虑:在原有的信息中,哪些是无法形象化的,现在可以形象化了,哪些需要三维化,哪些只需要二维图形化。

原则上,即时信息,尤其是操作信息是需要三维形象化的,以便用最少的形象即能综合表达原来通过数组和刻度分解掉的信息,减少飞行机组人员的理解时间,即保障信息的直观性。

计划信息通常可以安排成二维的,以便飞行人

员有一个总体的、鸟瞰式的理解。计划信息主要是解决冲突,合理预算,因此,需要发挥人的思维能力,而非直观性。因此,通过平面图形,甚至是使用书面风格(案卷风格),以提高精确性。例如,飞行计划的输入,就可以使用仿书面工作风格(案卷风格),由此暗示飞行机组要认真做功课。这种心理暗示,本身就是一种信息提示。

## 2 显示器新技术

新显示器主要包括:平视显示器、电子飞行包等。

### 2.1 平视显示器(HUD)

HUD技术源于军机。A320/380/350XWB将HUD作为选装设备,而波音787现已将HUD作为必装设备。全球多家航空公司和快递公司(如美国西南航空、捷蓝航空和联邦快递等)都为自己的波音737机队安装了HUD;由波音737继承来的BBJ飞机更把HUD和前视红外组成的视景增强系统(EVS)作为飞机的标准设备配置。

HUD主要通过数据采集、信息计算、图形生成、投影和准直等一系列处理,将飞机的一些重要飞行信息,例如:飞行航迹、高度、速度和姿态等,以黄绿色的笔划符号形式显示在飞行员正前方“无穷远”处,与座舱外景/目标重叠在一起。飞行员即能通过位于双眼正前方的全息组合镜,同时观看座舱内HUD显示的飞机在各种状态下的重要飞行信息和座舱外的真实世界,而无须在“座舱外景/目标”和“座舱内仪表显示”之间反复切换和调焦,从而有效解决飞行员内外频繁交替观察的问题。

HUD主要功能如下:

(1)接收相关航电和交通等信息进行综合处理,完成飞行导引计算,并产生各种飞行阶段和状态下的平视显示画面,显示关键飞行参数及飞行指引信息,实现平视飞行导引功能,支持飞行员目视手操纵完成起飞、巡航、进近以及着陆精确控制。

(2)具有图像/视频显示能力,能够通过功能扩展为飞行员提供清晰、可靠、并与外部真实环境一致的图像,使飞行员在低能见度条件下也能够看清飞机周围环境,有效增强飞行员的情景意识和态势感知能力。

(3)接收气象雷达(WXR)、空中交通告警和防撞系统(TCAS)、地形提示和告警系统(TAWS)等监

视系统的告警信息,生成告警提示和操纵提示信息送至平视显示器显示,提示飞行员可能存在的潜在危险,并根据提示控制飞机完成危险避让操作。尽管 HUD 技术源于军机,A320/380/350XWB 仍将 HUD 作为选装设备,而 B787 现已将 HUD 作为必装设备。

## 2.2 电子飞行包(EFB)

EFB 是一种驾驶员飞行辅助工具,简单便携式的 EFB 既可以和个人数字助理(PDA)兼容,用于各种飞行阶段准备时的计算和检查,也预存各种空中需要的图文数据资料;复杂些的可以固定安装,等效于机上计算机+电子资料库,与机上信息资源共享,成为无纸驾驶舱的有效工具。

EFB 分为三类,分类的标准主要是考虑与航电系统的交联程度,交联的内容包括:电源、航电数据等。一类 EFB 基本与飞机无任何交联;二类 EFB 基本只与飞机电源系统交联,即由飞机供电;三类 EFB 不仅由飞机供电,更与飞机有航电相关数据,包括导航数据等交联。EFB 的安装形式可以是便携式或固定设备,不影响其与飞机之间的交联。

A320 系列、B737/B767 上已安装二类 EFB; A330/340、B787 上已安装三类 EFB。而在军机上,例如 A400M,已经决定安装三类 EFB。

三类 EFB 显示的主要内容包括:导航图、气象图、飞行手册和日志、乘客清单、电子维护手册、飞机位置滑行图、定制的检查项目表、运动地图、航道图、地形图、虚拟仪表盘和视频信息等。

## 2.3 多功能显示器

在中央操纵台上,用大屏幕 MFD 取代传统的多功能控制显示组件(MCDU)。

MFD 取代 MCDU 后,主要的功能如下:

- (1)实现原 MCDU 的显示功能;
- (2)实现飞行计划的图形化显示;
- (3)通过相同显示器,实现各 MFD 和 PFD 之间的冗余备份,即在特定情况下,各显示器均可显示任何其它显示器上显示的内容。

## 3 显示功能新技术

新的显示功能包括:视景增强、合成视景等。

### 3.1 视景增强(EVS)

EVS 是当飞机在低能见度条件下起降或飞行时,将前视红外等成像传感器生成的跑道及飞行过

程中的飞机周围环境图像叠加重要飞行信息显示在 HUD 上,提升飞行员看清跑道和地形的能力,增强其对飞行情况的了解,使飞行员能够在夜间或有雾、阴雨等恶劣气象条件下顺利进行着陆、起飞,并实现安全飞行的先进机载系统。

利用 HUD 视频图像显示能力,在平视显示基础上,通过增加前视红外扩展形成 EVS,能够在实现以笔划字符形式显示飞机重要信息的同时,显示前视红外获得的外界实时图像,从而进一步增强飞行员态势感知能力。

EVS 主要实现以下功能:

(1)利用前视红外成像传感器对可见光灵敏度低的特性,EVS 能够为飞行员提供在低能见度条件下清晰的红外环境红外图像,有效增强飞行员的观察和识别能力,提升飞行员的态势感知能力。

(2)EVS 还能够进一步结合合成视景系统(SVS)功能,通过前视红外传感器图像与合成视景画面的融合,进一步提高系统性能,增强飞行员的态势感知能力,使飞机具备全天候起降能力。

(3)利用 HUD 将飞行信息字符和环境融合图像叠加显示在飞行员正前方,EVS 使飞行员能够同时观察飞行指示信息和座舱外环境视景图像,实现平视飞行操作,而无须在“座舱外视景/目标”和“座舱内仪表显示”之间反复切换和聚焦,从而有效节省判读反应时间,便于飞行员从仪表飞行向目视飞行过渡,极大程度上改善飞行员的情景意识,增加手动操纵飞行的安全性。

### 3.2 合成视景(SVS)

SVS 是一种符合人的信息采集习惯、形象化思考、用图像来与飞行机组互动的栩栩如生的格式和功能,主要特征为三维色彩地形图像背景,叠加传统的 PFD 仪表式读数,由此形成大面积逼真的地形背景,再组合 TAWS 地形数据,可以精确地描绘当前地形、障碍物和跑道等信息。主要应用于飞机在下降时的进近和着陆阶段。

SVS 主要实现以下功能:

(1)通过精确的飞机航向、位置、高度和姿态信息,以机载地形数据库(包括地形、跑道和障碍物数据)为基础,使用合成视景模块和图形生成模块一同形成描述飞机前方的实时地形图像,在显示器上显示出来。SVS 可为飞行员提供任何时间、地方(取决于地形数据库,主要是在机场和复杂地形)和气

象条件下的真实图像。且在地形图像失效时,会自动恢复到传统的“上蓝下棕”显示背景,不影响除地形图像外的其它信息的显示。

(2)SVS 在 PFD 或 HUD 上,帮助飞行员显示保持飞机在预定的飞机航线上的可视空中隧道(HITS)。

HITS 就是在显示器上显示一系列三维的飞行引导范围;在计划航线上每隔一定距离就会显示一个范围框类似隧道,因此形象的称为“空中隧道”。只要飞行员驾机不超出这个范围,就能使飞机在预定的航向和高度上飞行。

(3)SVS 在 PFD 或 HUD 上显示飞机航迹预测(5 秒或其它时间后的飞机航迹),以帮助飞行员轻松将飞机控制在“空中隧道”内,更便捷地实现保持飞机在预定的飞机航迹上。

(4)SVS 提供与监视系统接口功能以及监控系统信息显示的功能,包括:TAWS、TCAS 和 WXR 等。在地形上实时显示 TAWS、TCAS 等信息,在必要时可显示 WXR 等信息,并为飞行员提供适当的三维告警信息。

(5)SVS 修正 EVS 增强的前向红外的图像。主要实现通过地形数据库的比对,确认和修正红外地形图像。通过 SVS 的地形数据库,将红外地形图像更清晰、更易辨认地显示出来。例如,分别清晰显示天地,使得在地平线以上的天空显示更干净。

### 3.3 尾流

随着机场繁忙程度的增加和空域的日渐密集,由于尾流影响导致的事故越制约机场和有限空域的利用率。这迫切要求飞行员能实时了解前方的尾流影响,同时空管人员也能根据尾流情况更加合理地安排航班,以确保在飞行安全前提下最大程度地利用跑道和离场路线。

尾流显示在 MFD 上。采取类似其它监视系统,例如 TCAS、TAWS、WXR 等的告警方式,让飞行员在熟悉的告警模式下合理规避尾流。

### 3.4 图形化显示飞行计划

通过图形化显示飞行计划,取代之前单一的文本方式显示飞行计划,在 MFD 上显示。其主要功能包括:

- (1)让飞行员具有更强的计划信息形象概念;
- (2)通过图形化飞行计划,来接替飞行员将文本化飞行计划在头脑中转换为形象的飞行计划的工

作,达到减少飞行员工作量,提高飞行安全的目的。

### 3.5 机场场面导引

机场场面导引是通过机场数据库,结合飞机导航系统传送的位置信息,实时给出机场场面图像,并根据管制员的指令,计算出导引信号显示在机场场面图上。其显示的方式类似平视导引和合成视景。机场数据库包括所有机场的固定设施,例如建筑物、跑道、导引道等。

机场场面导引显示在 MFD 上。其主要功能包括:

- (1)在机场场面上为飞行员提供跑道至廊桥及廊桥至跑道的低速滑行导引;
- (2)为飞行员提供机场全局图形化显示;
- (3)实现类似飞行计划的机场场面导引的制定、修改和图形化显示的功能。

### 3.6 视频监控

驾驶舱、客舱以及货舱为防止劫机或货物丢失而安全视频监控显示,可以对客舱人员活动情况、驾驶舱门情况、驾驶舱内人员活动情况和货舱内货物情况等飞机状态进行独立实时监控显示。视频/监视显示主要功能包括:

- (1)对飞机外部状态进行实时拍摄和监控;
- (2)对航电系统各种信息进行拍摄和记录;
- (3)对飞机驾驶舱门进行实时拍摄和监控;
- (4)对飞机驾驶舱内情况进行实时拍摄和监控;
- (5)对客舱情况进行实时拍摄和监控。

## 4 相关新技术

民机新一代驾驶舱显示技术也会涉及一些其它的相关新技术,这主要包括:新的总线、触摸屏、光标控制、语音控制、数据库共用等。

为满足大数据量信息的显示需求,例如地形图等,需采用更高速的数据传输总线方式。现在航电的主流总线 ARINC 664(航空全双工以太网)的数据传输速率最高可达到 1 000Mbps,但仍无法满足大量地形数据的传输任务,因此给显示器配备的数据总线应采用光纤传输方式,即 ARINC 818 总线。ARINC 818 总线的传输速率可达 5Gbps 甚至更高,足以满足新一代驾驶舱显示的需求。

随着商业触摸屏技术的进一步发展,其也将被

(下转第 27 页)

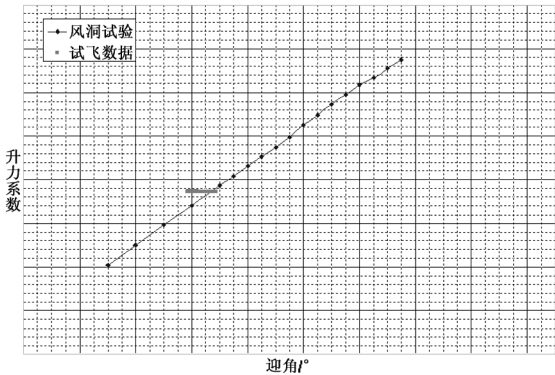


图7 风洞试验与试飞数据对比(升力曲线)

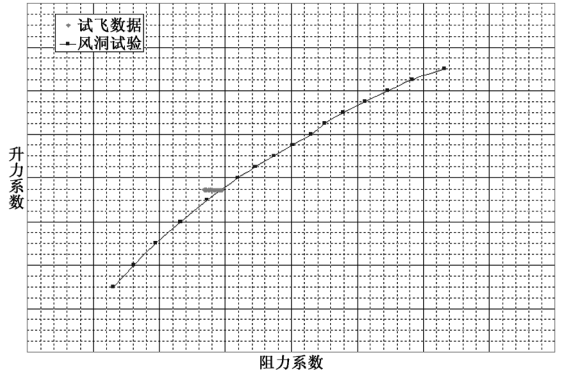
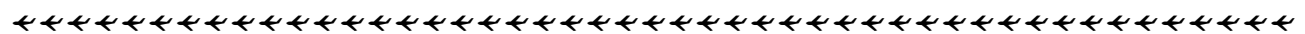


图8 风洞试验与试飞数据对比(极曲线)

## 4 结论

本文首先推导出试飞数据处理方法的计算公式,并结合实际试飞数据,详细介绍了试飞数据处理步骤,计算得到的结果与风洞试验的结果基本一致。

同时,在面对需要处理的大量试飞数据,本文编写了相应的程序,提高了工作效率。



(上接第8页)

用于新一代驾驶舱显示上。在军机上,已经有了触摸屏的应用。但在民机上,由于对安全性等方面的考虑,例如,触摸屏由于飞机颠簸容易导致误接触,因此现在只有部分便携式 EFB 采用触摸屏。同时,在民机驾驶舱中,触摸显示屏与飞行员之间的距离,触摸屏字符、图形等的显示尺寸等都将是需考虑的因素,因此,在新一代驾驶舱显示上,触摸屏应将用于 MFD 和三类 EFB 上,而 PFD 和 HUD 将不会采用触摸屏。

光标控制主要用于页面内容较多的显示器控制上,包括:飞行管理信息显示器、MFD 和 EFB。光标控制技术类似于商用鼠标,已用在 A380 上。

语音控制技术的应用也将大大减少飞行员工作量。鉴于安全性和语音控制技术局限的考虑,语音控制技术不能用于影响飞行安全的操作,只能用于一些较为繁琐但却不影响飞行安全的控制,例如,画面调度、无线电调谐等操作。

鉴于存在 TAWS、SVS、机场场面导引等均需地形数据库的情况,地形数据库等各类数据库的共用和调度在新一代驾驶舱中也相当重要。

## 5 结论

欧美航空设计的思想是通过新功能和新技术的不断加来提高飞机的安全性和可操控性,但这却

## 参考文献:

- [1]张锡金等. 飞机设计手册(第6册)气动设计[M]. 北京:航空工业出版社,2002.
- [2]李开宁. 数值计算方法引论[M]. 北京:航空工业出版社,2002.
- [3]彭国伦. Fortran 95 程序设计[M]. 北京:中国电力出版社,2002.

在一定程度上增加了飞行员的工作量和培训时间,当新功能和新技术量的增加达到一定程度后,不但不能帮助提高飞机安全性,反而会降低飞机的安全性。因此,新一代驾驶舱显示技术不仅致力于增加新功能和新技术,更应着重于减少飞行员的工作量和培训时间,更形象地为飞行员提供情形认知。

## 参考文献:

- [1]AC 23-26, Synthetic Vision and Pathway Depictions on the Primary Flight Display,2005.
- [2]AC 120-76A, Guidelines for the Certification, Airworthiness and Operational Approval of Electronic Flight Bag Computing Devices,2007.
- [3]RTCA DO-315, Minimum Aviation System Performance Standards (MASPS) For Enhanced Vision Systems, Synthetic Vision Systems, Combined Vision Systems and Enhanced Flight Vision Systems, SC-213,2008. 12. 16.
- [4]AC25-11A, Electronic Flight Deck Display,2007.
- [5]TSO-C151b, "Terrain Awareness And Warning System," December 17,2002.
- [6]Lynda J. Kramer, Lawrence J. Prinzel III, Flight Test Evaluation of Synthetic Vision Concepts at a Terrain Challenged Airport, NASA/TP-2004-212997, February 2004.
- [7]Dr. M. C. Ertem. An Airborne Synthetic Vision System With HITS Symbology using X-plane for Head up Display, 24th Digital Avionics Systems Conference, October 30,2005.