

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2018.04.017

# 喷气公务机驾驶舱交互设计分析

## The Interaction Design for Business Jet Flight Deck

陈韵竹 邓建邦 / CHEN Yunzhu DENG Jianbang

(航空工业成都飞机工业(集团)有限责任公司,成都 610092)

(AVIC Chengdu Aircraft Industrial(Group)CO., LTD., Chengdu 610092, China)

### 摘要:

喷气公务机的运营环境要求其交互设计拥有很高水平,驾驶舱作为飞机运营过程中人机交互的主要场所,其交互设计的优劣直接影响飞行安全和用户体验。文章对交互设计的发展历程和现状进行了介绍,列举了交互设计过程中需要遵循的六个基本设计原则,分析了公务机驾驶舱交互设计的基本框架和约束,并指出当代公务机驾驶舱的交互设计在宏观层面趋于统一;对某型公务机驾驶舱的三个核心理念逐一进行分析,阐述了交互设计对顶层设计理念的具体落实,为新型公务机驾驶舱设计提供参考。

**关键词:** 公务机;驾驶舱;交互设计;设计原则;可用性;舒适性

**中图分类号:** V223<sup>+</sup>.1

**文献标识码:** A

**OSID:**



[**Abstract**] The operation environment of business jet requires high level of interaction design. Flight deck is the main place of human-machine interaction in aircraft operation, and the quality of interaction design affects directly flights' safety and users' experience. This article introduces the development history and current situation of interaction design, and lists six basic design principles that needs to be followed, in the interaction design process, and analyses the basic framework and the restriction of flight deck in business jet interaction design, and points out that the contemporary flight deck in business jet interaction design is to be unified at the macro level. The flight deck for some business jet was analyzed. Three core philosophies on the flight deck were focused with examples one by one. This paper states the concrete implementation of interaction design for the top-level design, and provides some references for the new type of the business jet flight deck design.

[**Keywords**] business aircraft; flight deck; interaction design; design principle; usability; comfortableness

## 0 引言

近几年我国在通用航空领域的发展可圈可点,但是与国外航空发达国家相比,无论是机型数量还是机队规模都存在明显差距,特别是在大、中型公务机领域,还有很长的路要走。驾驶舱的交互设计是公务机研制过程中的重难点,学习与借鉴当代先进机型是未来一段时间自主喷气公务机研制必须要走的路。

公务机作为民用航空重要的细分市场,享有很大的市场份额和丰厚的回报。近年来拥有高出勤率和洲际飞行能力的机型受到市场的追捧,而随着飞行架次和飞行时间的增加,机组的工作负荷也显著

增长。因此,如何通过交互设计的方法改善驾驶舱人机交互环境、提升机组舒适度是公务机驾驶舱设计中重点考虑的问题。

本文通过研究相关文献资料,论述了交互设计的发展概况和基本原则,探讨了公务机驾驶舱交互设计的基本框架和相关约束,并以某型公务机驾驶舱为案例,分析了交互设计的理念如何在公务机驾驶舱中具体体现和运用。

## 1 交互设计概述

### 1.1 交互设计的发展

从远古先民制作石质工具开始,交互设计一直伴随着人类的劳动与生产。工业革命后,批量生产

的人造物件以前所未有的速度出现,人与物交互的问题越来越突出,于是交互设计的前身——工效学(ergonomics)诞生了;随着计算机的普及,传统上人与机器(硬件)的交互已经延伸到人与虚拟对象(软件)的交互。撇开交互对象的区分,这种研究并确立主体与客体互动关系的活动就成为了交互设计。

交互设计关注人(主体)与外界事物(客体)的互动。目标是增强理解“可以做什么”“正在发生什么”,以及“已经发生了什么”。交互设计借鉴了心理学、设计学和艺术学等基本原则来确保用户得到积极、愉悦的体验<sup>[1]6</sup>。

优秀的交互设计能在使用过程中为操作者带来愉快的体验,而早期的交互设计(或者叫人机交互)注重物理环境中,人与实体产品之间的互动,对用户心理层面的整体感受关注较少,其结果可能是产品只是以设计者自身期望的方式进行交互,而不是用户真正想要的方式。当代交互设计的范围已不再只局限于物理层面,人与产品互动的质量与产品的形态等方面都要求得到满足。

## 1.2 交互设计的基本原则

在交互设计过程中,产品的易懂性和易用性是重点关注的两个方面。如果产品(或系统)的运作规则不透明或者过于复杂,用户在使用中就会产生困扰和差错。在重大事故分析报告中,“人为差错”往往是直接的事故分析结果,然而从交互设计的角度出发,许多原因可以进一步归结为“设计缺陷”——由于机器与人的交互规则设计得很糟糕,让使用中的差错不可避免。

因此,当与人造事物互动时,我们希望它带有明显的易懂/易用属性。诺曼(Donald A. Norman)在探讨交互设计时,将易懂/易用性分解为六个方面,作为交互设计的基本原则,即示能(affordance)、意符(signifiers)、约束(constraint)、映射(mapping)、反馈(feedback)和概念模型(conceptual models)<sup>[1]11-26</sup>。

示能与意符经常伴随使用,前者指物品的特性与物品本身能力的关系,但这种关系有时是不可见的,所以还需要意符来提示使用者做什么以及怎样做。比如墙上的一块矩形平面暗示我们这是一扇门,可以开启和通过(示能),而门上的球形把手提示我们可以旋转它打开门(意符)。约束对于驾驶舱这样特定的环境来说很好理解,即将可能发生的

操作限定在安全的范围内。映射表示两组事物之间的空间对应关系,它在设计显示和控制布局时是一个重要原则。反馈是行动的结果,要求及时、准确。需要特别指出的是不恰当的反馈可能比没有反馈更糟,比如正常飞行中如果面板上某个指示灯不停的闪烁,反而会分散机组的注意力并引发焦虑感。交互设计活动中适当地运用这些原则就能创造出极佳的交互体验。

最后也可能是最重要的基本原则就是概念模型<sup>[1]27-33</sup>。在与客体事物交互的过程中,概念模型帮助我们理解自己的经验,预测自己行为的结果。交互设计中关注的概念模型偏向于“潜意识层次”,通常它只是架构于零碎的事实基础上,很少关心实际操作中每个步骤具体是怎样的;这是以人类本能和心理学规律来推断外界事物的机制和因果关系,即通常所说的“经验模式”。譬如,人们在操作家用电器时,往往会将电流想象成水流一样从插座中流出,经过电线流进电器内部;实际上电线中并没有液体在流动,电流还会以每秒好几十次的频率来回反转,但是对于一般电器和普通用户而言,这样的“概念模型”已经足够。事实证明,经由“潜意识层次”建立的概念模型经常是错误或不完全正确的。对于公务机驾驶舱这样复杂的交互系统,设计师在引导用户建立概念模型的时候一定要谨慎推敲,一旦机组对系统运行的概念模型存在误解或偏差,可能会诱导机组做出不当的操作,进而导致灾难性事故。

拥有优秀交互设计的产品,其功能、使用方式、使用约束可以从产品本身推断出来,因为设计师遵循以上原则为产品赋予了清晰的、可被感知的特征,这些特征成为用户认知、使用产品的主要线索。追寻这些线索建立起恰当的概念模型后,用户就能对自己的操作做出预测,如果操作的反馈和预期一致,就会对用户心理产生积极的影响,进而提升交互设计体验。

## 1.3 公务机驾驶舱的交互设计

20 世纪 60 年代,蓬勃发展的全球经济开启了公务机的黄金时代。今天的航空工业相比五十年前早已发生了翻天覆地的变化,公务机多年的研发生产经验和多代用户的使用反馈奠定了当代公务机驾驶舱交互设计的基础骨架。

公务机驾驶舱作为一个高度集成、操作频繁的人机交互场所,其交互设计的优劣直接影响到飞行

员的工作效率和飞行安全。国内外有许多适航法规和标准文件从各个角度对其进行了规范。譬如国外的FAA规章、ATA规范、SAE标准体系,国内的CCAR规章、HB标准等。这些文件通过对机载显示器、仪表、控制器、告警信息等方面做出明确的要求,从而划定了驾驶舱内人机交互的基本要求。因此,当代公务机驾驶舱无论是硬件布局还是软件架构都拥有相似的配置。

在此基础上,各大厂商还会根据自身设计理念做出更加详细的要求。所以尽管采用相同的标准,由于供应商的选择、操作方式(概念模型)的继承、运营环境的差异等方面原因,在实际产品中,不同系列公务机的交互设计仍然有很多差别。譬如湾流、赛斯纳等公司的机型多采用中置操纵杆、双手操作的交互形式,而空客、达索等公司一般选择侧边操纵杆、单手操作的形式。

## 2 案例分析

如图1所示是一款远程喷气式公务机驾驶舱的总体布置图,该公务机采用全电传操纵和全数字飞控系统,符合当代先进公务机的主流配置,其驾驶舱的布局和交互设计有较强的代表性。



图1 驾驶舱示意

以交互设计基本原则为输入,结合驾驶舱交互设计的具体情况,研发团队确立了三个顶层设计理念指导该机驾驶舱的交互设计,即操作安全性、系统可用性、机组舒适性。

### 2.1 操作安全性

飞机操作的安全性建立在机组对飞机当前各个系统状态正确、及时感知的基础上。为此,姿态指向

仪(attitude director indicator,简称ADI)集成了传统加速度计、地平仪、姿态指示器等多个仪表的功能,为飞行员之于飞行状态的“感知鸿沟”搭建起一座感知的桥梁。在姿态指向仪中,使用了多个高度抽象但表意清晰的意符来表达当前飞机的轨迹和能量状态,如图2所示,譬如绿色的航迹符号提供飞行轨迹指示;“V”形加速度标记用于指示当前的加速度(包括正负加速度);姿态参考符(attitude reference)给出飞机俯仰和滚转的状态……通过视觉收集同一块屏幕上意符提供的线索,飞行员即刻就能搭建当前飞行状态的概念模型,为下一步行动提供依据,如图3所示。

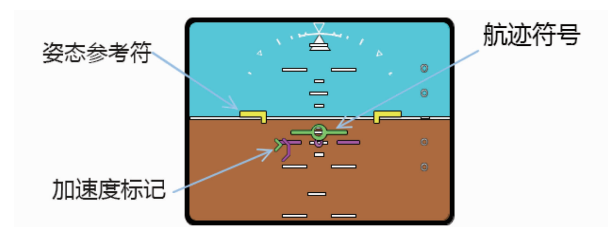


图2 姿态指向仪典型界面示意

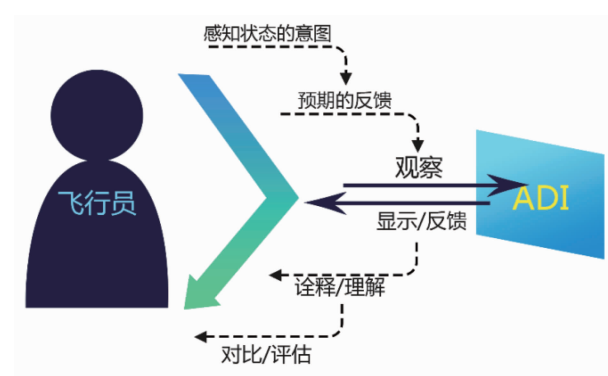


图3 姿态指向仪交互模型

为了将机组对全机资源管理能力最大化,在驾驶舱的布局中,设计师首先将飞机大多数系统集中到两名机组头顶上的公共区域,即顶置面板(overhead panel)来完成对杂乱信息的集中;然后以彩色线条(遵循统一色彩编码)分割、排序以增强各个子系统的可视性,如图4所示。在电气、燃油、引气等系统的排布上特别强调按键与对应系统空间位置的自然映射,以提高易用性且避免误操作;如图5所示,对于三状态按键,由于存在不同的操作顺序,在按键附近设置了高对比度的意符作为提示,为当前的操作给予直接反馈。在正常飞行过程中,顶置面板总体保持暗色调,使整个面板保持

在飞行员“注意力边缘”避免过度专注对正常飞行产生干扰。

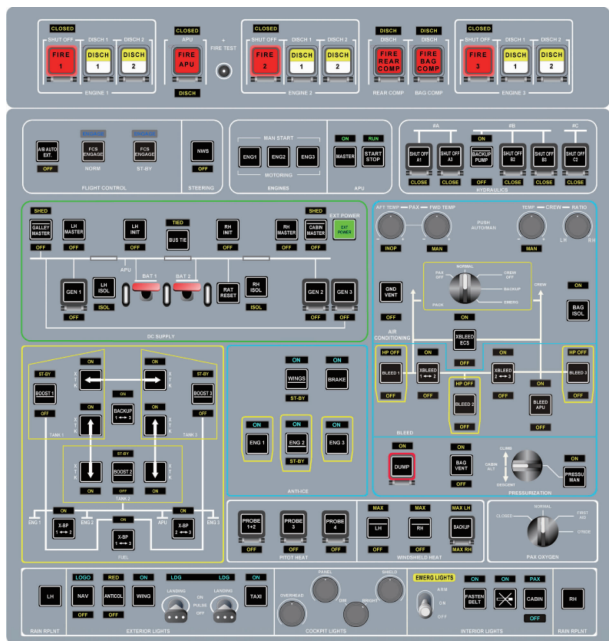


图 4 顶置面板示意

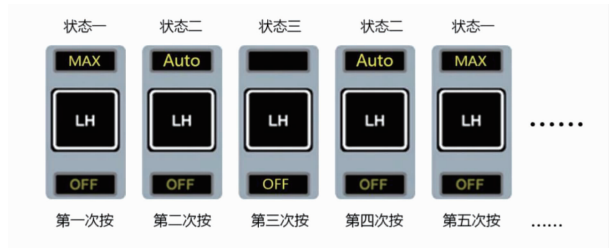


图 5 舷窗加热控制键交互示意

## 2.2 系统可用性

驾驶舱采用交互设计的理念提高系统使用效率(易用性)并保证运行的有效性(有用性)。

如图 6 所示,两个基础显示单元是两名机组各自的“私有”区域,包含姿态指向仪、水平状态指示器、发动机参数等基础飞行信息,且窗口固定,防止飞行过程中窗口被意外移动而影响飞行安全。两个多功能显示单元是公共区域,其中大部分界面可由机组自定,飞行员可以根据个人偏好安排个性化布局,从而提高工作效率;一旦界面布局产生误操作,可在重置面板中一键重置界面。驾驶舱的交互使用冗余设计来保证运行的有效性。多功能显示单元的视窗设计采用高度自由的架构,即使某个显示单元故障,也不会引起操作功能的缺失,故障部分的内容可以在其他显示单元上找回。在极端情况下(基

础显示单元故障或断电),机长可通过备份飞行显示器(secondary flight display)获得安全飞行必需的基础信息。

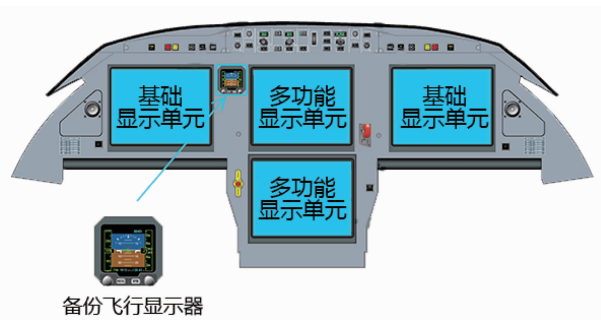


图 6 显示单元布置示意

## 2.3 机组舒适性

机组舒适性取决于多方面,既要重要操控和监视项目布置在机组直接视场之内,又要避免人机功效方面的不当安排,还要减轻操作负荷提高操作的舒适性。

譬如,在起飞抬前轮阶段,飞行员拉杆后,飞机前轮抬起,但飞机暂时还在地面滑跑,所以航迹图标依然停留在水平参考线处。为了在此时给飞行员提供姿态参照,降低缺乏直接反馈引起的焦虑,姿态指向仪中加入了抬轮符号(rotation symbol)。通过抬轮符号可以在该阶段提供简单、直观的俯仰参考,避免视觉焦点在俯仰符号(指示器上端)和航迹符号(指示器中部)来回切换而产生的不适感;让飞行员的目光随着抬轮符号自下而上自然的过渡到航迹符号,如图 7 所示。通过抬轮符号在从滑跑过渡到飞行的过程中,飞行员只需专注一个交互对象就能安全、舒适地操控飞机达到合适的迎角,完成起飞动作。

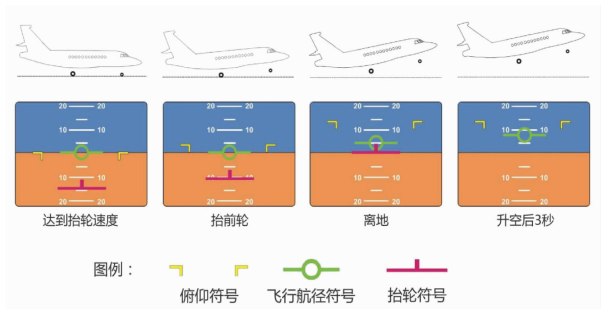


图 7 起飞阶段抬轮符号与航迹符号的过渡示意

## 3 结论

公务机驾驶舱的交互设计是以设计理念和原则



为输入,以易懂和易用性为核心,以适航规章和相关标准为约束,以飞行安全和高效操控为目标进行的设计活动。

本文通过分析、研究,得出以下结论:

1) 公务机驾驶舱交互设计的首要目标是确保飞行安全,避免人为因素引起的事故。

2) 非航空领域产品的交互设计所采用的方法和规律在公务机驾驶舱中同样适用,可作借鉴、参考。

3) 公务机驾驶舱正常工况下的交互活动,应引导用户使用理性思维去认知,避免感性认知引起的误操作;而异常/紧急工况下的交互活动,应符合感性认知规律。

4) 在交互设计的事中和事后还需要添加验证评估环节,以验证交互方案的正确性并作出进一步优化。

#### 参考文献:

[1] 唐纳德·A·诺曼. 设计心理学1——日常的设计[M].

小柯,译.北京:中信出版社,2015: 6-33.

[2] 牛东方,谢里阳,邓明,等. 产品交互设计中的视觉形态认知研究[J]. 工程设计学报, 2013,20(6): 459-462,475.

[3] 舒秀丽,董大勇,董文俊. 飞机驾驶舱视觉告警信号设计的基本要求分析[J]. 航空工程进展,2015,6(4): 512-518.

[4] 汪萍. 浅析公务机市场的发展[J]. 民用飞机设计与研究, 2013(2): 5-7.

[5] 刘岗,刘春荣. 商用飞机驾驶舱造型设计特征研究[J]. 民用飞机设计与研究,2015(1): 1-5.

#### 作者简介

**陈韵竹** 女,硕士,助理工程师。主要研究方向:计算机辅助工业设计、产品交互设计、用户体验设计以及客舱内饰设计。  
E-mail: 289149120@qq.com

**邓建邦** 男,学士,工程师。主要研究方向:计算机辅助工业设计、视觉传达设计、设计形态语义表达和效能分析。  
E-mail: migdeng@vip.126.com