

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2017.01.004

民用飞机驾驶舱人机界面评估方法研究

The Research of Civil Aircraft Cockpit HMI Evaluation Method

袁 霄 郝冬晶 刘海燕 金浙峰 董大勇 /

YUAN Xiao HAO Dongjing LIU Haiyan JIN Zhefeng DONG Dayong

(上海飞机设计研究院,上海 201210)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

摘 要:

驾驶舱人机界面(Human Machine Interface,以下简称 HMI)是连接飞行员和飞机的重要桥梁,人机界面的好坏直接关系到飞机的使用效率及运行安全。以民用飞机为例,分析研究了在飞机的设计过程中驾驶舱领域的人机界面设计评估相关问题和理论,并结合实际,建立了人机界面评价指标,提出了以适航规章为基础的驾驶舱人机界面评估方法。该方法有助于设计过程中的设计评估验证活动,可提高评估效率,促进设计更为合理的符合适航规章和使用需求的驾驶舱人机界面。

关键词:驾驶舱;人机界面;评估方法;适航取证

中图分类号:V223⁺.1

文献标识码:A

[Abstract] Cockpit human machine interface (HMI) is the most important bridge between the pilot and the aircraft, and it also impact the operation efficient and safety. In this paper, it takes the civil aircraft design as an example, discusses the design problems and the theory of the cockpit HMI design philosophy during the cockpit design, built an evaluation index list based on the airworthy regulations for the cockpit HMI evaluation. It can improve the evaluation efficiency of the evaluation and verify activities during the cockpit design, promote to design a better cockpit HMI according to the regulations.

[Keywords] cockpit; human machine interface; evaluation methods; airworthiness and certificate

0 引言

人机界面(Human Machine Interface)是飞行员(使用者)与飞机(计算机)的交互界面,使用者通过操作某些器件和开关进行输入,计算机通过接收按键和开关的信号,完成信号的输入和输出传递。

民用飞机驾驶舱人机界面主要包括驾驶舱内的操纵器件和相关的显示元素。驾驶舱的操纵器件是飞行员操纵飞机的主要部件,而显示元素包括主显示(PFD)、导航(NAV)、告警消息(CAS)等,是飞行员与飞机之间的操作的响应,也属于人机界面范畴。

人机界面评估是飞机设计中较为重要的活动,

特别是在飞机设计阶段,人机界面在尚未面向直接使用用户时,如何平衡适航规章和市场要求(使用者习惯、便捷性等)是设计师需要考虑的重要问题。在这一阶段,设计的循环迭代是必不可少的,只有在循环迭代的过程中,充分听取各方的意见,梳理分析以完成设计优化,才能在飞机交付时交出较为满意的设计产品。

1 驾驶舱人机界面设计

SHELL模型中,将人放在了中心位置,强调人与软件、硬件、环境及人的交互关系,而软硬件的组合在驾驶舱的体现便是人机界面的设计。进而,可以将SHELL模型应用于驾驶舱中,其模型界面即可变成人与人机界面、环境及人的一个模型,

即 HMI-ELL 模型。如图 1 所示。

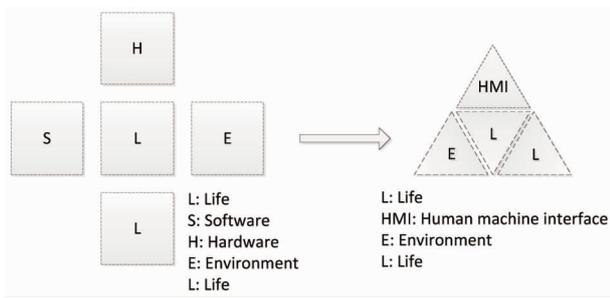


图 1 SHELL 模型和 HMI-ELL 模型

HMI-ELL 模型中,仍然将人(使用者)放在了中心位置。使用者通过操作驾驶控制器件和观察显示反馈(HMI),完成 L-HMI 的输入输出传递;使用者的使用环境(L-E)及机组或空管的沟通(L-L)也是组成 HMI-HELL 模型的重要部分。

在驾驶舱的人机界面设计阶段,L-HMI 是设计师重点关注的问题,在 SAE 的相关规范^[1-2]中,驾驶舱的人机界面需要考虑的问题包括机组任务、认知习惯、系统设计、容错、自动化和告警等。设计师在设计初期,完成捕获人机界面设计需求,图纸设计完成时,以及对设计出的产品进行冻结确认前,都需要完成设计的循环迭代,以满足设计需求和用户需求。如图 2 所示。

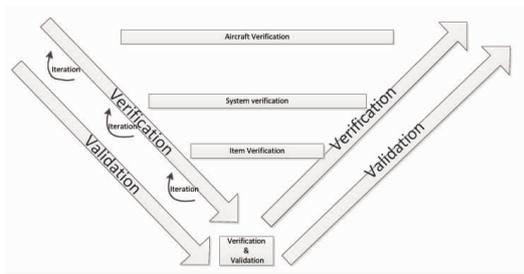


图 2 设计循环迭代

2 驾驶舱人机界面常用的评估方法

飞机驾驶舱人机界面和一般的网页、汽车人机界面相比,其涉及的操作器件、需要显示的元素等相对较多是其主要的特点。行业内尚无通用的用于飞机驾驶舱人机界面评估的方法。

2.1 人机界面评估方法

目前,行业内对于驾驶舱人机界面的评估方法主要包括可用性测试、启发式评估、认知过程分析和用户测试法^[3]等。

可用性测试(Usability Test)最早是在 1984 年美国 Intuit Inc. 公司针对其公司的管理软件提出的一种测试方法。让一群具有代表性的用户对产品进行典型操作,同时观察员和开发人员在一旁观察、聆听、做记录,评估人员通过记录和分析测试数据,完成人机界面可用性评估。可用性测试通常适用于界面产品设计中后期,用于对界面模型评估。由于其能够对界面进行全面的评估,因此被广泛运用。可用性测试的结果包含定性和定量数据。定性数据如用户的主观感受和测试员的观察结果;定量数据如任务完成时间等。主要应用在互联网和汽车领域。

启发式评估(Heuristic Evaluation)由 Nielsen 和 Molich(1990)提出,由多位评价人(通常 4~6 人)根据可用性原则反复浏览系统各个界面,独立评估系统,允许各位评价人在独立完成评估之后讨论各自的发现,共同找出可用性问题。该方法的优点在于专家决断比较快、使用资源少,能够提供综合评价,评价机动性好;但是也存在不足之处:一是会受到专家的主观影响,二是没有规定任务,会造成专家评估的不一致,三是评价后期阶段由于评价人的原因造成信度降低,四是专家评估与用户的期待存在差距,所发现的问题仅能代表专家的意思。

认知过程分析方法也叫认知预演(Cognitive Walkthroughs),是由 Wharton 等在 1990 年提出的,该方法首先要定义目标用户、代表性的测试任务、每个任务正确的行动顺序、用户界面,然后进行行动预演并不断地提出问题,包括用户能否建立达到任务目的,用户能否获得有效的行动计划,用户能否采用适当的操作步骤,用户能否根据系统的反馈信息评价是否完成任务,最后进行评论,诸如要达到什么效果,某个行动是否有效,某个行动是否恰当,某个状况是否良好。

用户测试法(User Test)就是让用户真正地使用系统,由实验人员对实验过程进行观察、记录和测量。这种方法可以准确地反馈用户的使用表现、反映用户的需求,是一种非常有效的方法。用户测试可分为实验室测试和现场测试。实验室测试是在可用性测试实验室里进行的,而现场测试是由可用性测试人员到用户的实际使用现场进行观察和测试。

2.2 民用飞机驾驶舱人机界面评估方法

在民用飞机领域,人机界面的设计评估主要依赖于适航规章的相关规定,各个航空制造企业根据规章要求和运行要求进行设计需求捕获和设计符合性检查评估等。在此过程中,需要综合考虑各种使用者的意见,特别是直接使用者(最终用户)的意见,以便在产品交付市场时达到较高的使用安全性和使用效率。

本文依托于认知过程分析法,分析了在飞机驾驶舱的早期设计阶段,针对驾驶舱人机界面的设计迭代、设计优化的评估方法。评估人员(试飞员、人因工程专家)根据系统设计原理,通过模拟飞行任务和飞行操作,判断系统设计是否满足任务的需要,最后进行评论。在飞机驾驶舱的早期设计活动中,尚未建立可完全用于设计评估的仿真平台时,采用认知过程分析法能够在保证低保真原型的基础上完成驾驶舱人机界面的评估、优化活动。

建立的基于认知过程分析法的驾驶舱人机界面评估方法流程如图3所示。

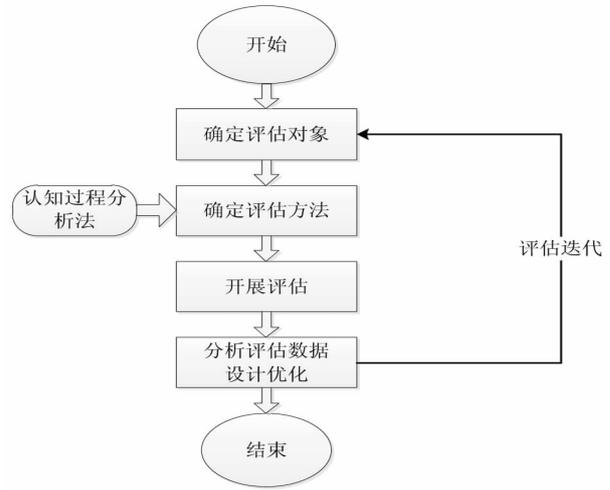


图3 评估流程

3 飞机驾驶舱人机界面评估指标体系

适用于飞机驾驶舱人机界面的认知过程分析法的评估指标体系主要依托于适航规章和行业规范文件,使用专家评定方法整理得到如4所示的评估指标体系。

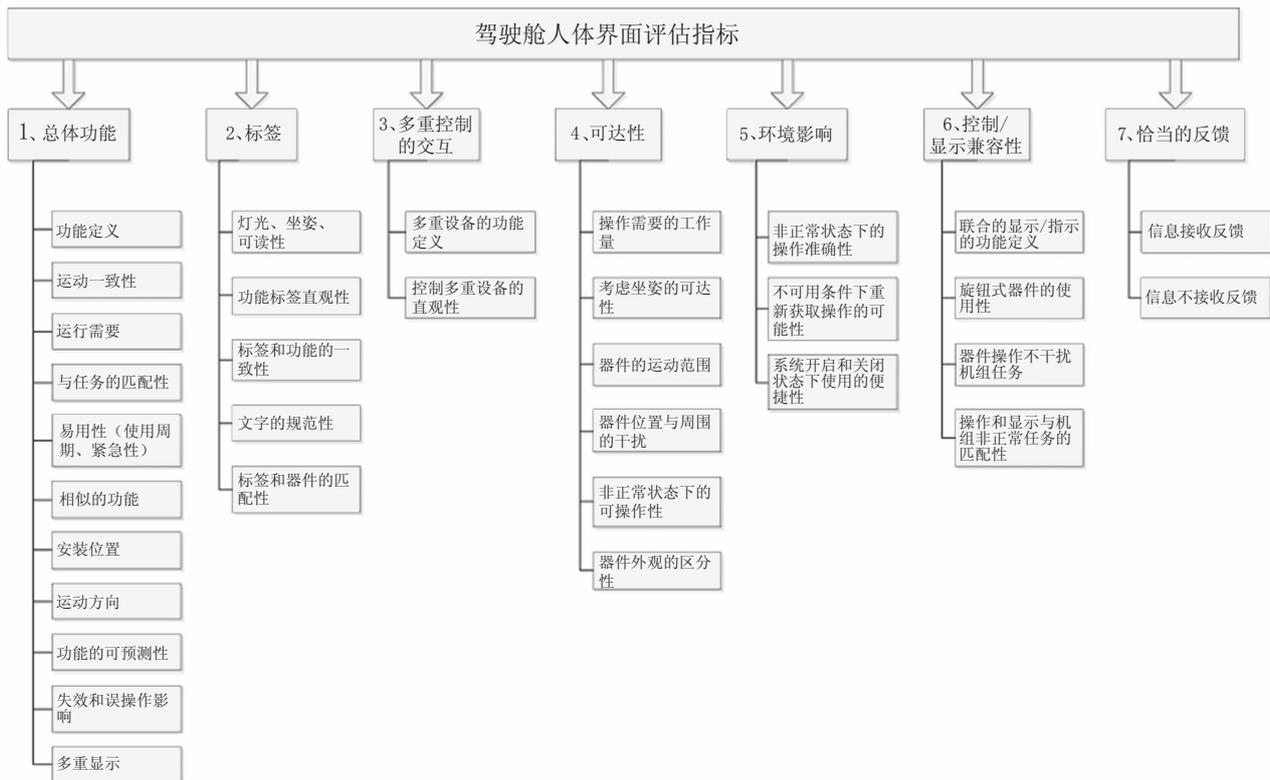


图4 评估指标体系

3.1 一级指标

评估指标体系共 7 个一级指标,分别是总体功能、标签、多重控制的交互、可达性、环境影响、控制/显示兼容性和恰当的反馈。这 7 个一级指标来源均为适航规章(CCAR25-R4, FAR25, CS25)及行业规范文件(SAE ARP 文件等)。其中,重点根据 25.1302 章节,对人为因素的相关指导性文件进行综合提炼,并由专家评审法得出上述 7 种一级指标。

总体功能:从器件的总体功能上进行评估,包括功能定义、功能必要性、一致性、失效模式等。

标签:从器件的标签标识上评估器件和功能的一致性。

多重控制的交互:若存在多重控制功能,器件是否和多重控制的功能匹配。

可达性:在正常和非正常状况下,器件的可达性是否足够。

环境影响:在正常和非正常使用环境中的操作性,如低能见度、颠簸、浓烟等环境。

控制/显示兼容性:器件操作的便捷性,不干扰机组任务。

恰当的反馈:操作输入是否有效的提示是否充分。

3.2 二级指标

根据一级指标的 7 个主要评估范畴,细化了各个一级指标下对应的二级指标 33 个,用于最终对飞机驾驶舱人机界面的系统评估。

4 评估方法

本文的目的是建立基于认知过程的驾驶舱人机界面评估方法,应用于飞机驾驶舱人机界面的设计阶段,适用于专家图文评估。

4.1 评估人员

本文建立的评估方法的评估人员包括:试飞员、人为因素专家等。评估人员主要是有经验的试飞专家和人为因素专家,试飞专家的丰富经验能够帮助模拟飞行任务,是具有飞行专业能力的代表。人为因素专家能够很好地从人的角度分析操作与任务的匹配性,可以发现一些试飞专家无法发现的认知等问题。

4.2 评估对象

本文建立的评估方法的评估对象为在研飞机

的驾驶人机界面设备产品,评估组织者基于评估的紧迫性安排评估对象。本文中的评估方法着眼于某系统的某个特定操作器件,因而需要将评估对象细化至最小器件。评估以每个最小的控制器单元为对象,如某飞机的自动飞行系统控制板的 FD 控制开关等。

4.3 评估过程

(1)准备阶段。系统设计师进行综合的系统介绍和功能简介。评估人员查阅某系统的操作器件和相关设计文件。

(2)质询阶段。评估人员充分了解系统的设计架构和设计思路之后,对系统有疑问或是理解不透彻之处对设计师进行询问和讨论。

(3)小组评议。评估人员采取小组评议的方式,允许进行场景模拟讨论,小组评议得出一致结论后依据评估指标进行评估和记录。若小组评议无法取得一致意见,允许记录各自不同意见和分数,供设计师进行意见分析使用。

(4)评估阶段。评估人员根据评估指标逐一为器件评估对象进行评估。专人记录评估结果,评估结果包括评估分数和评估意见,评估分数依据修正的库伯-哈伯评分表进行打分,如图 5 所示。

具体修正如表 3 所示。

修正的库伯哈伯评分表以飞行员决策为基础,以人因设计标准为依据评定器件的分数。

修正的库伯-哈伯评分表见图 5,其主要评分定义如下:

1~3:不需要改进就很满意;

4~6:有缺陷,有条件改进;

7~9:不符合基本的人因设计标准,有缺陷,需要改进;

10:对所有预期的飞行阶段不都是安全的,需要强制改进。

评估人员在填写评估意见时,其评估意见基础是其工作经验,提出的意见供设计师在设计优化阶段进行参考。

评估完成后,获得的评估数据包括两部分:定量的评估分数和定性的评估意见。定量数据是评估人员对评估对象的评估分数,依据库伯-哈伯评估表给出。定性数据是定量数据的支撑,分数评估的原因在定性数据里进行阐述。因此,定量数据和定性数据两者对于评估活动来说都非常重要。

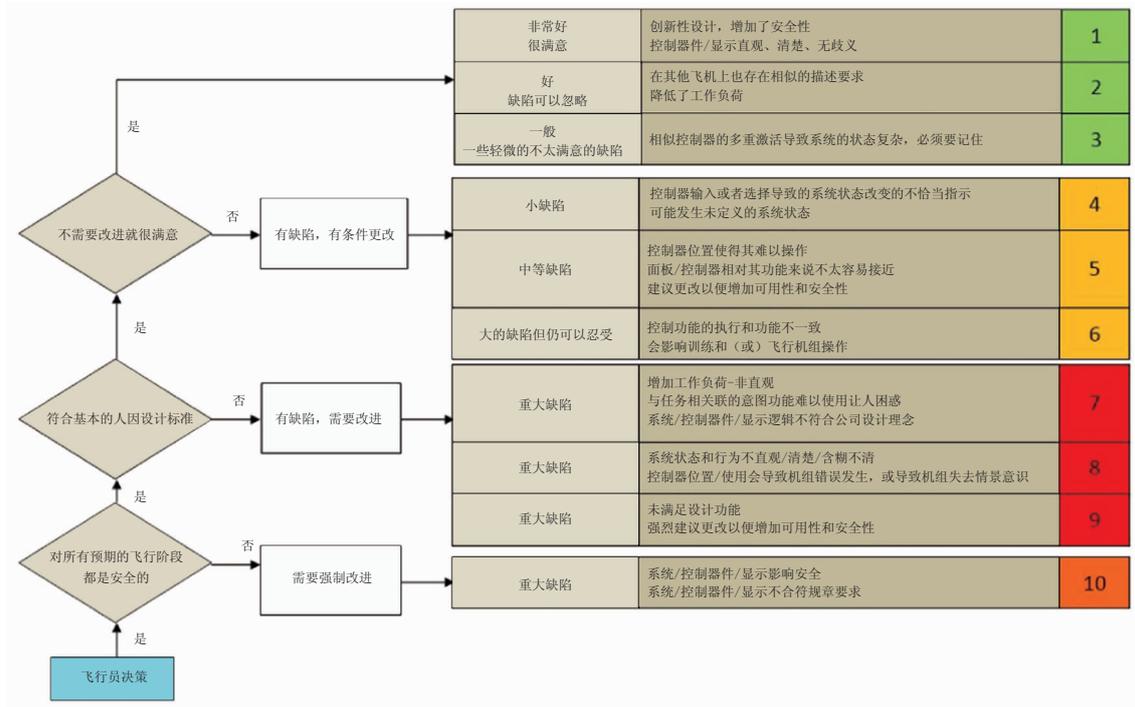


图5 修正的库伯哈伯评分表

表3 库伯哈伯量表修正

类别	含义	分数
非常好 很满意	创新性设计,增加了安全性 控制器件/显示直观、清楚、无歧义	1
好 缺陷可以忽略	在其他飞机上也存在相似的描述要求 降低了工作负荷	2
一般 一些轻微的不太满意的缺陷	相似控制器的多重激活导致系统的状态复杂,必须要记住	3
小缺陷	控制器输入或者选择导致的系统状态改变的不恰当指示 可能发生未定义的系统状态	4
中等缺陷	控制器位置使得其难以操作 面板/控制器相对其功能来说不太容易接近 建议更改以便增加可用性和安全性	5
大的缺陷 但仍可以忍受	控制功能的执行和功能不一致 会影响训练和(或)飞行机组操作	6
重大缺陷	增加工作负荷-非直观 与任务相关联的意图功能难以使用让人困惑 系统/控制器件/显示逻辑不符合公司设计理念	7
重大缺陷	系统状态和行为不直观/清楚/含糊不清 控制器位置/使用会导致机组错误发生,或导致机组失去情景意识	8
重大缺陷	未满足设计功能 强烈建议更改以便增加可用性和安全性	9
重大缺陷	系统/控制器件/显示影响安全 系统/控制器件/显示不符合规范要求	10

4.4 数据处理方法

以本文建立的方法得出的评估数据,重点关注低于 7~10 分的评估条目,需要设计师分析 7~10 分区间的评估意见,考虑 4~6 分的评估意见,综合分析对驾驶舱人机界面进行设计优化。

5 结论

在某机型的驾驶舱人机界面评估活动中,针对自动飞行控制板(FMCP)的人机界面评估,得出评估意见 1 446 条,其中发现了面板的功能及外观上的某些问题,帮助系统设计师完善了产品设计,获得了较好的评估效果。

本文从民用飞机驾驶舱人机界面评估方法入手,采用认知过程分析法,建立了基于适航规章的评估指标体系,结合库伯-哈伯评分准则,建立了可用于设计阶段的飞机驾驶舱人机界面评估方法。这种基于认知过程分析法的驾驶舱人机界面评估方法能够在评估条件不足的时候,使用较少的评估资源,完成较为专业、综合的系统评估。本方法对驾驶舱人机界面评估来说是可行的,可以提高评估效率,降低型号的研制风险,加速型号的取证。

一个准确并且适用的评估方法对评估对象来说至关重要,它不仅可以对现有产品进行评估和优化,同时可以帮助设计师在产品的早期设计阶段进行产品的设计优化迭代。

参考文献:

- [1] SAE ARP 4754A. Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems [S]. 2010-12.
- [2] SAE ARP 5056. Flight Crew Interface Considerations in the Flight Deck Design Process for Part 25 Aircraft [S]. 2006.
- [3] 徐海玉,张安,汤志荔,陈斌. 飞机驾驶舱人机界面综合评估[J]. 科学技术与工程, 2012, 12(4):940-943.
- [4] 马钧,谈行执. 车载人机界面可用性评估方法研究[J]. 设计研究, 2014, 2(4):16-19.
- [5] 中国民用航空局. 中国民用航空规章第 25 部:运输类飞机适航标准[S]. 中国:中国民用航空总局,2001.
- [6] European Aviation Safety Agency. Installed Systems and Equipment for Use by the Flight Crew [S].

作者简介

袁霄 男,硕士,工程师。主要研究方向:航空人机环境; E-mail: yuanxiao@comac.cc

郝冬晶 女,硕士,工程师。主要研究方向:航空电气/航电系统; E-mail: haodongjing@comac.cc

刘海燕 女,硕士,高工。主要研究方向:航空驾驶舱集成技术; E-mail: liuhaiyan@comac.cc

金浙峰 男,硕士,高工。主要研究方向:航空驾驶舱集成技术; E-mail: jinzhefeng@comac.cc

董大勇 男,博士/博士后,高级工程师,主要研究方向:航空人因工程; E-mail: dongdayong@comac.cc