

民用客机人机工效学适航 认证及对策

Human Factors Airworthiness Certification and Strategy for Civil Aircraft

许为陈勇 / Xu Wei Chen Yong

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

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

摘要:

分析民用客机人机工效学适航认证的特点和挑战, 讨论国际适航当局、人机工效学学术界和航空工业界近些年来针对这些挑战所开展的一些研究和实践。结合参与国产民用客机研发的体会, 对当前国产民用客机驾驶舱人机工效学型号适航认证的工作流程和方法提出建议, 并对今后这方面工作的深入开展提出较为系统的框架性对策。

关键词: 人机工效学; 人为因素; 民用客机; 适航认证; 飞机驾驶舱; 人机界面

[Abstract] The characteristics and challenges of human factors airworthiness certification for civil aircraft are analyzed, and the research and practices recently carried out by international airworthiness authorities, human factors academia, and the aviation industry are discussed in connection with these challenges. Combined with the experience gained on research and development in the domestic civil aircraft, this paper provides recommendations for the current human factors certification for civil aircraft and a framework for future work in the human factors certification.

[Key words] Human Factors; Civil Aircraft; Airworthiness Certification; Flight Deck; Human-machine Interface

0 引言

适航认证是民用客机研制中极其重要的一个环节。适航认证包括对相关人机工效学 (Human Factors, 也称人为因素) 适航条款的符合性认证。飞行员人为差错已成为目前民用客机发生重大事故的主要原因, 人机工效学在民用客机研制中的应用和作用已逐渐成为共识^[1-4]。因此, 做好人机工效学的适航认证工作是实现适航认证为保障飞行安全和公众利益总目标的一个重要组成部分。

作为一个新兴交叉学科的人机工效学本身的学科特点、发展水平、实践方法以及在航空领域和适航认证中的应用现状决定了民用客机人机工效学适航认证工作所具有的特点和挑战。美国联邦航空局 (FAA)、欧洲航空安全局 (EASA) 和航空人

机工效学界近些年来针对这些挑战开展了一些工

作, 航空工业界 (例如波音 Boeing) 也积累了一定的实践经验。这项工作在中国尚处于起步阶段, 充分了解这些挑战和国际航空界的这些工作进展和实践经验有利于当前民用客机人机工效学型号适航认证工作和今后这方面工作的深入开展。

结合参与国产民用客机研发的体会, 考虑到中国在人机工效学认证方面的实践现状, 并且通过列举许多适航条款实例以及 FAA 和波音的实际工作进展和经验, 本文对当前国产民用客机驾驶舱人机工效学适航认证的工作流程和方法提出一些建议, 包括准确理解人机工效学条款要求, 取证范围和满足符合性的可接受设计要求, 选择合适的符合性方法 (MOC), 以及编写人机工效学认证计划 (HFCP) 等工作。并且, 对今后的工作, 本文提出了一个较为系统的工作框架, 包括认证工作各方的合作, 人机工效学认证人才队伍建设, 认证队伍的人机工效

学培训,开发支持适航认证的企业人机工效学标准和有效的取证工具,将人机工效学纳入设备和供应商的选择决策中,加强局方(CAAC)的指导作用,以及及时更新适航条款等,从而保障和提高国产民用客机的适航性,安全性和国际竞争性。

1 人机工效学适航条款和取证的特点和挑战

中国民用航空适航标准参照了 FAA 和 EASA 的标准。中国民用航空规章第 25 部(CCAR 25 部)中有关人机工效学的条款基本与 FAA 和 EASA25 部的内容一致并保持同步(除 FAA 和 EASA25 部近些年更新的条款外)^[5-7]。本文的讨论范围以 CCAR25 部为主,并参照 FAA 和 EASA 的 25 部。

25 部适航标准中规定了许多与民用客机驾驶舱设计有关的人机工效学条款。这些条款从人机工效学的角度对驾驶舱设计提出了保证最低(即基本、起码)安全的适航要求。国际航空界一直努力将航空产品的人机工效学设计高于适航要求,当今航空安全的实践也证明了这一点。然而,为进一步提高飞行安全,降低由人为因素而引起的事故率,国际航空界对人机工效学适航认证提出了更高的要求,并对相应的适航条款和取证工作大致形成了以下共识。

1.1 条款内容滞后于机载技术和人机工效学领域的发展

许多人机工效学条款内容是基于以往机电式驾驶舱机载设备和技术而制定,没有及时和充分地反映当代数字化、自动化和综合化的驾驶舱交互式人机界面技术对人机工效学设计提出的更高要求。由此带来条款内容多侧重于与物理空间特性等方面相关的基本的人机工效学要求(例如,可达性、可视性等)。人机工效条款基本按照“以系统为中心”的方式分散地罗列在相关的系统和部件的条款中,而没有按“以飞行员为中心”的人机工效学理念,充分地认知人机工效学的角度来考虑适航要求,即与飞行员操作绩效有关的人为差错管理和情景意识等^[8-10]。

例如,条款 25.777 仅从空间位置和某些物理特性来规定操纵器件的适航要求,但没有完整地考虑各种控制器设计因素对飞行员操作绩效和人为差错的影响。条款 25.771(a)仅考虑飞行员应避免过分关注和疲劳,但没有考虑驾驶舱设计对飞行员操

作绩效和人为差错的影响。条款 25.1523 对最小机组人员工作量的要求是 25 部中唯一针对飞行员操作绩效的条款,这种情况直到 EASA 在 2007 年新增加了 CS25.1302 条款才改变。CS25.1302 标志着针对飞行员操作绩效人为差错管理的适航要求的开始^{[3][6]}。

1.2 条款要求多偏重于原则性和定性的要求

25 部中许多条款规定了原则性的和定性的人机工效学要求,虽然这与适航标准作为法律条文所应具备的概括性和普通性是相符的,但同时也给准确理解条款要求、确定取证范围和合适的符合性方法、以及确定满足符合性的设计要求带来一定的难度^[11-12]。例如,条款 25.777 中规定了飞行员身高范围作为工作空间设计的人体测量参数。但从设计和符合性方法角度讲,飞行员的其他人体测量参数(例如手臂长度)对驾驶舱中手臂工作包络面可达性的设计更为重要,并且同一身高人群的手臂长度参数也有差异性。

原则性和定性的条款要求也使得在取证中不易保持统一的标准和符合性方法。例如,条款 25.1301 和 25.1309(a)中对设备功能和安装的要求是非常笼统的,给如何取证来满足该条款所要求的安全性带来一定的难度。另外,由于人机工效学科的特点,对于一些需要采用飞行员主观测评法的条款(例如,条款 25.1523 对最小机组人员工作量的问卷测评),飞行员的经验,测评问卷量表工具,测评流程和方法等因素有可能影响取证结果的客观性以及不同飞行员之间测评结果的一致性^[8]。

1.3 条款缺乏对驾驶舱人机界面设计提供更有效的指导作用

飞行事故调查和研究表明,一些飞行员的人为差错是由人机界面设计引发的。例如,自动化驾驶舱引起的自动化方式混淆,方式选择错误^[13-15]。尽管设计不能(也不可能)完全消除人为差错,但作为保障最低飞行安全的适航标准如何能从设计上帮助飞行员最大限度地减少人为差错和有效地管理人为差错,显然有待进一步完善。

其次,人机工效学条款缺乏对不同飞机制造商间驾驶舱人机界面设计中一些基本设计元素和性能一致性设计方面的指导^[16]。在现役飞机驾驶舱中,我们可看到各种不同的人机交互控制和输入方式,显示字符画面格式,起飞/复飞控制开关位置,自动油门断开装置、自动飞行方式板布局 and 方式命

名等。从进一步提高飞行安全性的角度讲,条款还缺乏对新一代驾驶舱人机界面优化更新的前瞻性指导^[2]。

2 国际航空界和人机工效学界的努力

2.1 增补新的人机工效学条款

针对多起与自动化驾驶舱飞行员操作绩效和人为差错有关的事故,FAA启动了一项人机工效学研究。项目成员来自FAA、JAA(EASA前身)和人机工效学界的专家,并与波音和空客等合作。该小组于1996年发表了具影响的研究报告^[16]。该研究确认了影响飞行安全的一系列与自动化驾驶舱人机界面设计和飞行员人为差错管理等因素有关的问题,并提出了51项改进建议,其中包括补充和修订相关的人机工效学适航条款。

美国国家运输部(1999)要求所属的FAA检查现有25部适航条款,并提出新的条款及相应的咨询通报(AC),同时协调其他国际适航当局和飞机制造商共同采取措施来寻找如何有效地诊断、减少和管理飞行人员人为差错^[17]。FAA(1999)随即启动了一个人机工效学协调工作组,成员包括FAA、JAA、波音和空客等单位^[17]。与此同时,JAA(2001)发布了一个过渡性指南文件[INT/POL/25/14]^[18]。该文件要求所有JAA认证项目必须考虑人机工效学,重点审核是否由于新颖的人机界面技术和飞行程序会影响飞行员的操作绩效和人为差错管理。

FAA牵头的协调工作小组于2004年发表报告,指出了25部人机工效学条款的不足之处,并建议了新的25.1302条款和相应的AC。条款25.1302规定了有关飞行员人为差错的防范和管理的设计要求。这是25部中第一项以飞行员任务为导向的条款^[17]。EASA已于2007年采纳该条款和相应的可接受符合方法(CS25.1302,AMC25.1302)^[6]。FAA则在2013年5月刚发布了条款25.1302和相应的AC25.1302-1。

2.2 对现有条款和符合性方法的补充说明

作为对25部条款的补充说明,FAA陆续发布了一些AC,以帮助飞机制造商(申请人)准确理解人机工效学条款要求和选择合适的符合性方法^[19-20]。AC本身不是条款,不具备强制性。其内容来自FAA和航空界的实践经验。AC通常建议了一些可接受的符合性方法(但不是所有的)。另外,FAA还发布了针对某一类设备的AC(例如,驾驶舱

显示器25-11A)^[21]。此类AC提供了比较详细的围绕该设备有关的人机工效学设计和符合性方法的内容。

此外,FAA(2003)出版了指南文件(ANM-01-03A)^[22]。该文件用于指导FAA认证组在审查申请人人机工效学符合性方法时应考虑的因素,并对部分条款建议了符合性方法。因此,理解AC和FAA相关的指南文件将有效地帮助申请人了解FAA认证组的工作思路和审查要求,从而准确把握条款要求和选择合适的符合性方法。

2.3 对认证工作流程和计划的建议

FAA特别强调FAA早期参与人机工效学认证和申请人主动向FAA分享信息的合作式流程的重要性,这种合作也可帮助申请人准确理解条款要求和确定合适的符合性方法。对于申请人早期主动向FAA分享信息和取证数据,FAA可考虑给予认证信用分。

FAA(1999)出版了一份用以指导FAA认证组如何审查申请人人机工效学认证计划(HFCP)的指南文件(ANM-99-2)^[23]。该文件详细地建议了HFCP的结构和内容。FAA认为申请人尽早提交HFCP给FAA审查有助于在认证早期阶段建立相互间有效的合作关系。

除了ANM-99-2和ANM-01-03A外,FAA还计划出版另外三个指导FAA认证组工作的指南文件^[22],它们将分别是:(1)如何审查申请人详细的人机工效学取证试验计划;(2)如何审查人机工效学试验分析和结果以确定设计的可接受性;(3)FAA认证组中试飞员、人机工效学专家和其他技术专家在人机工效学认证中的职责和分工。相信今后随着这些文件的出版,将进一步有助于申请人有效地开展人机工效学的认证工作。

3 对当前国产民用客机人机工效学型号认证工作的建议

根据以上分析和讨论,笔者针对当前国产民用客机人机工效学型号认证工作流程和方法提出一些建议,如图1所示。强调申请人和局方(CAAC)以及FAA认证影子组间的早沟通和多沟通的合作关系,充分利用现有资源(AC,FAA指南文件,人机工效学专家咨询等),采用预备试验等手段,从而降低认证风险。依据相关的FAA指南文件和国际航空界的经验,具体的建议如下。

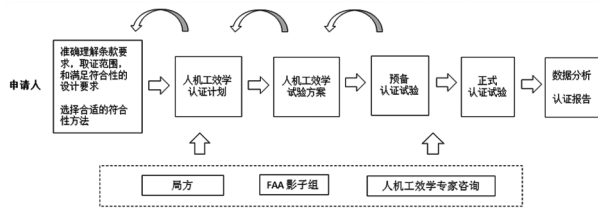


图1 当前国国民用客机人机工效学型号认证总的工作流程和方法

3.1 准确理解条款要求、取证范围和满足符合性的设计要求

3.1.1 熟悉人机工效学基本理论、设计原则和相关的认证支持文件

熟悉相关的人体测量、生物力学、生理学、心理学和光学等基本知识。作为交叉学科的人机工效学的许多理论和设计原理采纳了这些学科知识。人机工效学条款要求就是建立在人机工效学理论和设计原则的基础上。熟悉相关的 AC 和指南文件。

3.1.2 确定条款中关键的人机工效学要求以及相关的因素

通过条款中的关键词来帮助确定关键的人机工效学认证要求。同时,一个条款的认证要求通常有几个密切相关的人机工效学因素(或参数),这些相关的因素都会对关键条款要求的符合性满足产生影响,因此应包括在取证范围中。例如,条款 25. 773(a)(2)要求驾驶舱中应避免反射光,相关的人机工效学因素包括反射光的面积大小、亮度、颜色和位置等。FAA 指南文件[ANM-01-03A]附录 A 提供了一些帮助申请人确认某些可能有争议的条款的人机工效学认证要求的问题^[22]。

3.1.3 确定与条款要求相关的系统、部件和功能

通常这些相关的系统、部件和功能会直接影响相关的飞行操作工效,从而影响满足符合性要求的认证,因此应包括在取证范围中。例如,条款 25. 777 对驾驶舱可达性空间包络面的要求,取证应考虑可能遮挡油门杆操纵的其他操纵装置等相关部件和功能。

3.1.4 确定相关的系统、部件和功能中的哪些因素应在取证范围内

这些因素(或参数)决定了相关的系统、部件和功能对关键条款要求的符合性满足的影响,应包括在取证范围中。例如,条款 25. 773(a)(2)中对驾驶舱中应避免反射光的要求,应考虑作为相关系统的飞行显示器所需的亮度和可读性可能受反射光影

响的程度。

3.1.5 确定满足条款符合性的可接受的设计要求

对以上关键的人机工效学因素和相关的系统、部件和功能的人机工效学因素应确定相关的可接受的设计要求。例如,显示器所需的具体亮度(或亮度对比度)参数指标和可读性评价指标。对于一些没有明确规定或只是原则性地规定了满足符合性的条款,应与局方协商,寻求解释,并就可接受的设计要求取得共识,这对于一些需要飞行员主观测评的条款尤为重要。例如,条款 25. 1523 中最小组工作量的可接受水平。

3.2 选择合适的符合性方法

一般来说,人机工效学符合性方法的选择要综合考虑许多因素,包括条款要求、申请人的理解、符合性方法的特点、取证项目的复杂性、设计特点、飞行安全性、申请人的经验、费用和时间限制,以及局方和申请人的协调等。

3.2.1 充分了解各种符合性方法的特点和适用范围

FAA 指南文件[ANM-99-2, ANM-01-03A]列举了七类与人机工效学取证相关的符合性方法,以及特点和一般适用范围^[22-23]。这些符合性方法不是相互排斥的,他们具有互补性。要善于利用组合的符合性方法以达到最有效和最经济的取证方法。例如,对一个认证项目,采用相似分析法和模拟舱试验法的组合有可能比单一的试飞试验可能更经济和有效。

3.2.2 从设计特征的角度来确定符合性方法

驾驶舱设备的设计特征包括新颖程度,复杂和自动化程度,飞行安全影响程度,系统整合程度,系统动态性以及确定满足符合性标准判断的主观程度等。通过将认证项目的设计特征与各种符合性方法的特点和适用范围比较,可帮助找出最为匹配的符合性方法。

3.2.3 考虑认证项目系统或部件是否已取得适航认证

如果已取得适航认证,应优先考虑相似分析方法作为符合性方法之一。但是如果已取得适航认证的系统仅仅是当前认证系统的一部分,则还要考虑选择合适的符合性方法来确定不同系统之间的交互作用对飞行员操作绩效和安全的影响。对于新颖的设计,通常需要更严格的取证方法。

3.2.4 从飞行安全来考虑符合性方法

FAA 通常建议对于与飞行安全影响不大的认

证项目,不必选择费时和昂贵的符合性方法。同时,不必过多地依赖于试飞试验取证。试飞试验有时不能安全地设置一些特定的系统故障状态,可考虑试飞与模拟舱或地面样机试验相结合的符合性方法。另外,适航条款制定的是最低安全标准,虽然国际航空业界都以人机工效学设计高于适航要求为设计目标,但从取证角度来说,符合性方法的选择不必考虑人机工效学设计的优化,而应优先考虑飞行安全和条款的符合性。

3.3 编制人机工效学认证计划书(HFCP)

人机工效学认证计划的内容既可以单独的计划书(HFCP)形式也可作为型号总认证计划书一部分的方式编制。鉴于申请人的经验(同时也是FAA通常所建议的),建议制定详细的HFCP。

参考FAA指南文件(ANM-99-2)中关于HFCP的要求^[23]。其中最重要的三部分内容:(1)列出所有适用的条款和取证范围;(2)相应的符合性方法;(3)满足符合性的可接受设计要求。

申请人应尽早将HFCP提交局方审查,双方协商取得一致意见。对需要FAA影子组参与的项目,应尽早递交FAA审查。在实际操作中,HFCP的准备工作已从前二项工作(即本文3.1和3.2节)就开始了。

3.4 编写详细的人机工效学试验方案

试验方案主要针对需要模拟舱和试飞试验等认证项目。试验方案应包括飞行员取样要求,飞行任务,飞行系统状态设置,试验程序,试验工具和数据收集方法等。

人机工效学试验是操作员(飞行员)在特定条件下在一个人机系统环境(驾驶舱)中执行具体操作任务时对人机界面设计对其操作绩效的客观测量(例如,人为差错等),或者主观测评报告(例如,工作量测评)。因此,操作员的个体差异(经验,人体测量尺寸等),操作任务,作业环境,试验程序,采样工具等都直接影响试验结果。试验方案应重点考虑:(1)飞行员的个体差异(例如,人体测量尺寸,机型飞行经验)满足一定的代表性;(2)飞行任务和飞行系统状态设置等与条款要求相吻合;(3)试验程序和采集数据的取证工具保证结果的客观性;(4)所取证的参数满足取证范围以及能够确定设计是否满足符合性要求。

例如,对条款25.1523最小飞行机组工作量的取证。其试验方案应按照25.1523附录D中规定

的6项基本工作职能和10项工作量因素设计飞行任务和飞行系统状态设置;试验工具应考虑可信度和有效性高的工作量问卷量表;试验程序要考虑飞行员主观评测点是在飞行任务期间还是任务后;测量方法要考虑是相对测量(即飞行员将已适航认证的相似机型的工作量作为基准点)还是绝对测量等等。以上这些因素都可能成为影响最终取证结果的变量。

对每一项试验项目,申请人应与局方协商,取得一致意见,然后进行预备测试,根据预测结果,适当调整方案,从而为正式取证作好充分的准备,并降低取证风险。

4 今后深入开展人机工效学适航认证工作的对策

4.1 建立一个有效开展人机工效学适航认证工作的企业研发环境

4.1.1 建立一支人机工效学的专业人员队伍

人机工效学认证工作需要专门的技术人员,应逐渐培养和引进这方面的人员。例如,波音就有一名拥有其最高技术职称(波音院士)的人机工效学专家全面负责民用客机适航认证的技术工作。波音新机型项目都设有人机工效学首席工程师职位,他们负责包括适航认证在内的技术工作。

4.1.2 将人机工效学适航意识贯穿在型号研制全过程中

在型号研制初期,就应确定所有适用的人机工效学条款,并将各条款要求具体地“分解”为各系统和部件的设计要求和可接受的设计指标。对不符合条款的设计做到早发现早更正。主动地将局方参与到早期评审中,早分享信息和协调,以避免重大设计问题。

4.1.3 开发企业人机工效学标准来为适航把关

驾驶舱人机界面的人机工效学企业标准应与相应的适航条款要求接轨。这些企业标准可在研制早期指导设计和辅助设备(及供应商)的选择决策。波音的人机工效学标准在研制设计、供应商设备选择和研制中发挥了重要作用。作为波音驾驶舱设备的主要供应商霍尼韦尔公司和罗克韦尼·柯林斯公司都非常熟悉波音的标准,并以此来指导本身产品人机界面的研发。

4.1.4 开发必要的人机工效学取证工具

例如,针对条款25.1532最小机组人员工作量

的取证工作,尽管人机工效学界有一些现成的工作量问卷量表,但波音和空客都花了1~2年的时间开发了各自可信度和有效性更高的飞行员工作量测试问卷量表^[24-25]。企业取证工具的开发可为认证工作提供更适合的方法,并且可为今后新型号的取证提供更有用的基准取证数据。

4.1.5 加强适航委任代表(DAR)和工程委任代表(DER)队伍的建设

DAR 和 DER 有助于局方和申请人间的协调沟通,他们可以某种方式代表局方尽早并且全程地参与型号设计和适航认证工作。波音有一个完整的 DAR 和 DER 系统,他们工作在型号研制的各个功能部门,波音人机工效学专家与他们一起密切合作,因此他们从一开始就代表 FAA 参与和见证了包括人机工效学在内的各项工作,FAA 认证组可集中参与一些关键项目或后期的认证工作。FAA 有关 HFCEP 的指南文件[ANM-99-2]中,专门设有一部分要求申请人提供 DAR 和 DER 在人机工效学认证工作中的职责^[23]。DAR 和 DER 可分担部分取证工作,提高取证效率。

4.1.6 将人机工效学的应用纳入机载设备和供应商选择决策中

民用客机驾驶舱的机载设备通常来自多个供应商,各供应商可能依据各自不同的人机界面标准研制(例如不同的输入界面设计)。有些系统和部件可能已获得适航认证,但是型号认证是对整个驾驶舱人机界面设计的综合认证。作为系统整合的飞机制造商,应确认所有设备的整合和交互使用仍然符合人机工效学设计原则和适航条款要求^{[4][8]}。人机工效学在设备和供应商选择决策中要有话语权是达到这一目标的主要手段之一。

波音在型号研发初期对设备和供应商的选择有一个严格的流程。充分考虑整体驾驶舱人机界面的设计理念和原则,并且波音人机工效学专家直接参与筛选。他们通过对多种设备开展的人机工效学比较试验来为最后的决策提供人机工效学数据。对关键系统,他们直接参与设备供应商的研制。FAA 于 2003 年出版了有关在设备采购中开展人机工效学应用的工作流程和方法的指南文件^[26]。

4.2 充分发挥局方对企业人机工效学适航认证工作的审查和指导作用

4.2.1 加强局方人机工效学的专业队伍建设

随着中国开始自行研制大型民用客机,如何更

加有效地开展对企业的设计和适航认证方面的人机工效学指导对 CAAC 提出了新的挑战。CAAC 应充实人机工效学专业队伍,认证组应包括人机工效学专业人员。FAA 拥有一批专职的人机工效学专家,他们服务于多个专业部门。其中,飞机认证部(AIR)的人机工效学专家负责开发和更新与人机工效学有关的适航条款、AC 和其他指南文件;同时为 FAA 认证组和申请人提供专业咨询。

4.2.2 加强对企业人机工效学适航认证的指导作用

为保持 CCAR25 部的先进性,CAAC 应及时更新相关的人机工效学条款,保持与 FAA 和 EASA25 部的同步。如同国际适航当局一样,CAAC 对一些关键的安全问题,应当逐步地启动,组织或资助重要的人机工效学专项研究。编制适合和指导中国民航民用客机人机工效学认证的 AC 和指南文件。同时,进一步加强与国际适航当局(例如 FAA)的合作。

4.2.3 开展人机工效学专业培训

考虑到人机工效学学科在中国尚处在起步阶段,CAAC 应对局方认证人员开展必要的人机工效学知识培训,增强认证组成员的人机工效学意识。FAA(1993)就专门编制了针对 FAA 认证人员的人机工效学培训材料^[27]。

4.2.4 建立与申请人有效的合作工作流程

CAAC 应主动地参与型号研制早期阶段工作,指导申请人的人机工效学前期认证工作,建立起与申请人有效的协调关系,并逐步建立起鼓励申请人主动分享取证信息和试验结果的“认证信用分”流程。研究表明^[16],如果 FAA 对申请人整体驾驶舱人机工效学设计的评价参与太晚(例如在后期认证试验时才参与),将无法及时地发现问题,而只能通过飞行操作程序和飞行员培训手段来弥补设计上的缺陷。

4.3 充分发挥飞行员在适航认证中的作用

飞行员是指来自局方、申请人和第三方单位参与型号研制的各种飞行员。因受教育背景和工作经验的限制,一些飞行员可能不熟悉人机工效学的设计原则和适航条款要求。国际航空界的研究和实践表明有可能出现以下四种情况:(1)有些飞行员有时可能过多地凭借自身的经验来评价驾驶舱人机界面的设计,而不是充分地考虑人机工效学的设计原则和适航条款要求,从而影响评价的客观

性;(2)不同飞行员间的评价有时由于经验不同和评判标准不同也可能导致不一致的评价结果;(3)尽管一些飞行员本身有丰富的各种机型的飞行经验,但由于缺乏足够的商业航线飞行经验,因而评价结果不能完全反映作为实际用户航线飞行员的经验和对驾驶舱人机界面设计的需求;(4)飞行员本身具有一定的航线飞行经验,但由于模拟舱或试飞试验时的飞行任务或飞行系统设置状态不能完全体现实际航线飞行的状态,从而影响评价结果的客观性和普遍性。例如,一项试验项目可能充分考虑了高工作负荷的极端飞行状态(例如一位飞行员丧失操控能力),但因忽略了模拟典型航线飞行中正副驾驶间的协调操作状态而影响了评价的全面性。

因此,本文提出以下建议:(1)加强对飞行员的人机工效学培训,提高人机工效学适航意识,从而能及早有效地发现设计中的问题。FAA 人机工效学的培训计划也包括飞行员^[27]。(2)重大人机界面设计决策必须有飞行员和人机工效学专家共同参与,从而保证知识的互补性。波音驾驶舱工程部设有一个飞行操作和人机工效学综合化部门。任何新的或修改的驾驶舱人机界面设计或者适航认证有关的决策均由该部门的人机工效学专家在试验的基础上提出,然后在由各型号飞行员参加的例会上共同形成设计决策。例如,在定义波音 777 驾驶舱人机界面设计时,波音共组织了 3 次由工业和学术界 10 多位人机工效学专家参与的评审会^[2]。(3)建立附合中国飞行员特点的样本数据库(例如人体测量数据库)。这些数据库有助于飞行员和项目人员更客观地评价驾驶舱人机界面的设计。(4)在招聘飞行员时,考虑收纳一些拥有实践航线飞行经验的飞行员。波音的飞行员中许多就曾经是航空公司各种机型的机长。另外,为充分考虑航线飞行员的经验和需求,在 777 驾驶舱设计方案确定前,波音组织了 11 家航空公司参加设计评审。在整个研制过程中,波音组织了 600 多名具有不同飞行经验和文化背景 of 的飞行员参与设计评价活动,这些飞行员在模拟舱共进行了 5 800 多小时的评价活动^[2]。

5 结论

综上所述,本文提出了一个有效开展今后人机

工效学适航认证工作的总的工作框架,如图 2 所示。该工作框架强调了申请人与局方在整个型号研制和人机工效学认证工作中的密切合作关系,并在一些共同的领域应进一步开展的工作,包括与 FAA 的合作,人机工效学的培训和人才队伍建设,DAR 和 DER 队伍的建设以及将人机工效学认证贯穿于各自的工作流程。此外,作为申请人,还应开发支持适航认证的企业人机工效学标准和有效的取证工具,并将人机工效学应用纳入设备和供应商的选择决策中。作为局方,应及时更新人机工效学适航条款,组织重要的人机工效学研究,以及向企业提供更多的人机工效学咨询信息和指导。最后,通过建立起一个将人机工效学适航意识贯穿于整个型号研制过程的大环境,保障和提高国产民用客机的适航性、安全性和国际竞争性。

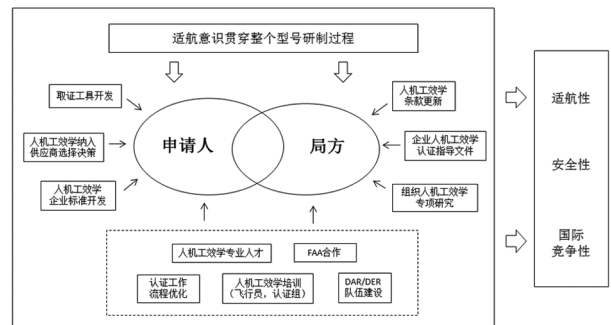


图 2 有效开展今后国产民用客机人机工效学适航认证工作的总的工作框架

参考文献:

- [1] Boeing Commercial Airplanes Group, Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents, Worldwide Operations, 1959-2003, Boeing, 2003.
- [2] 许为. 人机工效学在大型民机驾驶舱研发中应用现状和挑战[J]. 人类工效学, 2004, 10(4): 53-56.
- [3] Don Harris. Human Performance on the Flight Deck, Ashgate, 2011.
- [4] 许为, 陈勇. 人机工效学在民用客机研发中应用的新进展及建议[J]. 航空科学技术, 2012, 6: 18-21.
- [5] 中国民航局. CCAR25-R4 中国民用航空规章第 25 部-运输类飞机适航标准[S]. 中国: 中国民用航空局, 2011.
- [6] European Aviation Safety Agency (EASA). Certification Specifications for Large Aeroplanes (CS-25), Amendment 12, 2012.

(下转第 80 页)

分发挥供应商的能力,是主制造商与供应商互相学习、彼此促进的过程。供应商开发的定义是主制造商为帮助供应商提高其绩效和能力,以适应主制造商的供应需求所进行的一切活动。这些活动可能包括:评估供应商的运作与绩效,为提高绩效建立激励措施,引导供应商之间展开竞争等。供应商的绩效考核,要选择恰当的工具和适宜的指标,这两项是考核工作的关键所在。

(上接第30页)

- [7] Federal Aviation Regulations (FAR). Part 25 – Airworthiness Standards; Transport Category Airplanes, Amendment 136, 2012.
- [8] Andrew J. McClumpha & Marianne Rudisill. Certification for Civil Flight Decks and the Human-Computer Interface. In Human Factors in Certification, edited by John A. Wise & V. David Hopkin, LEA, 2000.
- [9] Lisette Lyne & John R. Hansman. Recommended Practices for Human Factors Evaluation Development Process for Advanced Avionics, Massachusetts Institute of Technology (MIT) International Center for Air Transportation 2001.
- [10] Birgit Bukasa. Towards a Framework of Human Factors Certification of Complex Man-Machine Systems. In Human Factors in Certification, edited by John A. Wise & V. David Hopkin, LEA, 2000.
- [11] Jean Paries. Some Inadequacies of Current Human Factors Certification Process of Advanced Aircraft Technologies. In Human Factors in Certification, edited by John A. Wise & V. David Hopkin, LEA, 2000.
- [12] Hazel Courteney. Assessing the Human Hazard. In Human Factors for Civil Flight Deck Design, edited by Don Harris, Ashgate, 2004.
- [13] 许为. 有关自动化飞机驾驶舱的人机工效学问题[J]. 国际航空, 2004, 5: 49-51.
- [14] Wei Xu. Identifying problems and generating recommendations for enhancing complex systems: Applying the abstraction hierarchy framework as an analytical tool. Human Factors, 2007, 49(6): 975-994.
- [15] 许为. 自动化飞机驾驶舱中人-自动化系统交互作用的心理学研究[J]. 心理科学, 2003, 26(3): 523-524.
- [16] Federal Aviation Administration. The Interfaces between Flight crews and Modern Flight Deck Systems, FAA Report, 1996.
- [17] Human Factors-Harmonization Working Group. Flight Crew

参考文献:

- [1] 艾伦·雷·德思. 采购供应链管理流程[M]. 徐杰, 鞠颂东译, 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [2] 于森. 供应链管理[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
- [3] 苏珊·哈特. 新产品开发经典读物[M]. 闵从民译, 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [4] van Echtelt, FEA, et al. "Managing Supplier Involvement in New Product Development: A Multiple-Case Study." Rev. of Article[J]. Journal of Product Innovation Management, 2008, 25(2): 180-201.
- Error /Flight Crew Performance Considerations in the Flight Deck Certification Process, Human Factors – HWG Final Report, 2004.
- [18] Joint Aviation Authorities. Human Factors Aspects of Flight Deck Design Regulation Affected: JAR 25. INT/POL/25/14 Issue 2 Date 6-04-01 Subject, 2001.
- [19] Federal Aviation Administration. Advisory Circular AC 25. 1523-1; Minimum Flightcrew. Washington, DC: Department of Transportation, 1993.
- [20] Federal Aviation Administration. Advisory Circular AC 25. 773-1; Pilot Compartment View Design Considerations. Washington, DC: Department of Transportation, 1993.
- [21] Federal Aviation Administration. Advisory Circular AC 25-11A; Electronic Flight Deck Displays. Washington, DC: Department of Transportation, 2007.
- [22] Federal Aviation Administration. Factors to Consider when Reviewing an Applicant's Proposed Human Factors Methods of Compliance for Flight Deck Certification, FAA Memorandum, ANM-01-03A, 2003.
- [23] Federal Aviation Administration. Guidance for Reviewing Certification Plans to Address Human Factors for Certification of Transport Airplane Flight Decks, FAA Memorandum, ANM-99-2, 2002.
- [24] William H. Corwin, Diane L. Sandry-Garza, Michael H. Biferio, George P. Boucek, Jr. Aileen L. Logan, Jon E. Jonsson. Sam A. Metalis. Assessment of Crew Workload Measurement Methods, Techniques and Procedures. AD-A217 699, 1989.
- [25] Speyer, J. J.; Fort, A.; Fouillot, J. P.; Blomberg, R. D. Assessing Workload for Minimum Crew Certification, AD-P005 641, Airbus Industrie Blagnac (France) Flight Div, 1987.
- [26] Federal Aviation Administration. Human Factors Acquisition Job Aid, DOT/FAA/AR-03/69, 2003.
- [27] Kim M. Cardosi & Stephen M. Huntley. Human Factors for Flight Deck Certification Personnel. Final Report for FAA, 1993.