

大型客机航空电子系统研发 关键技术分析及建议

Proposals and Key Techniques Analysis for Developing Large Passenger Aircraft Avionics System

航空电子系统综合技术国防科技重点实验室 吴建民

中国航空无线电电子研究所 吴铭望 李国经



吴建民

研究员，硕士。主要从事机载航空电子系统研究，系统仿真技术研究。

2007年2月26日，国务院原则批准了中国大型客机项目正式立项，又一次拉开了我国大型客机研制的序幕，这一划时代的决策，必将对增长我国国民经济、加速我国社会主义现代化建设步伐产生深远的影响。大型客机项目的研制在航空工业和整个工业体系中占有非常重要的地位。大型客机项目经济价值高，技术难度大，综合性强，它的发展涉及许

根据未来航电系统的发展和研发大型客机的需求，结合目前国内航电系统研制的基础，针对国内民机航电研制的薄弱环节，提出了发展我国航空电子系统的关键技术。在此基础上，提出了开展民用大型客机航空电子系统研发的建议。

多领域，包括飞机机体、发动机、机载各种设备及系统设计、开发和生产技术，因而大型客机项目的实施，将改变我国大型客机长期依赖进口的局面，必将促进我国航空工业和相关产业的全面发展，并将进一步完善我国航空工业布局和国家的产业体系，也将进一步拉动其他相关产业的发展。因此具有非常重要的现实意义。

根据未来航电系统的发展和研发大型客机的需求，结合目前国内航电系统研制的基础，针对国内民机航电研制的薄弱环节，提出了发展我国航空电子系统的关键技术。在此基础上，提出了开展民用大型客机航空电子系统研发的建议。

国内外民机航空电子技术 发展及差距分析

机载航空电子系统在大型客机项目中占有非常重要的地位，目前大

型客机中机载航空电子系统价格已经占大型客机出厂价格相当的比例。民机机载航空电子系统不仅在其可靠性、安全性方面具有很高要求，更重要的是民机机载航空电子系统中的关键技术(如：系统综合设计技术、模块化技术、飞行管理技术、中央维护系统技术等)将直接影响大型客机飞行性能和飞行安全，影响飞机的操作安全和运行成本。

1 国外民机航空电子技术发展

世界民用航空工业发展已有几十年的历史，当前又获得了高速发展。随着人们对民用飞机的飞行品质、安全性、舒适性和经济性要求的不断提高，民用飞机制造商将大量的新技术和新系统应用于飞机，以满足民用飞机发展的需要，其中航空电子技术占有重要地位和份额。民用飞机通过采用先进的航空电子技术，增强飞行员对环境的感知能力，进而增

强飞机在复杂气象条件下的飞行能力,满足现代民用飞机飞行更安全、更舒适、更高效和更经济的要求。

当前的民用飞机航空电子系统结构主要有两种形式:一是以外场可更换单元(LRU)为基本系统单元的联合式系统结构。外场可更换单元具有实现某种功能的能力,是完成这种特定功能的软硬件综合独立体。它拥有标准的形式、功能、外观尺寸和安装接口。从20世纪60年代的模拟式航空电子系统到90年代的联合式航空电子系统均采用这种系统结构。

第二种系统结构是20世纪90年代发展起来的模块化航空电子系统,即以外场更换模块(LRM)为基本系统单元的综合式航空电子系统,可实现系统高度的物理综合和功能综合。

美国波音777飞机是第一个采用模块化综合航空电子系统(IMA)的大型客机,并以此形成ARINC651标准,即综合化模块化航空电子系统设计指南。波音777飞机在设计、开发、制造和试验等方面都有革命性的创新:它采用了模块化综合航空电子技术,有源矩阵液晶显示器,集导航、飞行控制、推力控制于一体的飞行管理系统以及飞机信息综合管理系统等诸多新技术。

A380和波音787飞机是当今世界上最先进的大型客机。它们均采用了模块化综合航空电子技术、先进的机电系统和飞行控制系统等诸多新技术。这些飞机所采用的先进航空电子技术既体现了当今的先进水平,也展现了未来的发展趋势。

综上所述,从技术上说,欧美航空电子系统普遍采用了模块化综合航空电子系统体系,成本更低,通用性更高。先进的模块化综合航空电子系统的特点如下:

(1)采用模块、开放式系统结构,有利于进行系统的集成与功能综合、

有利于系统的扩充和剪裁、有利于采用商用货价产品(COTS)技术、有利于系统的升级,并能降低系统的全寿命周期成本,实现系统的重构与容错,提高系统的可靠性。

(2)采用功能分区的概念,对相近功能的传感器进行集中管理控制,有利于现有系统的集成,也有利于今后系统的综合。

(3)采用先进的综合电子显示与控制技术,将机上的飞行信息、各类传感器信息以及设备状态信息综合显示与控制,提供良好的人机界面,提高飞行效率,减轻飞行员工作负担。

(4)采用机载高速总线或网络进行系统互连和信息交换,减少总线数量,简化系统构型,减少系统复杂度,增强系统数据传输的效率。

(5)采用开放式软件接口标准,采用标准软件组件模块,实现多功能显示管理、飞行管理、通信管理、发动机指示/机组告警等功能。

此外,欧美国家制造的机载航空电子系统已经形成了一套完整的高质量、高效率的产业体系。用户购买了欧美国家机载航空电子系统后,可以得到从设计、服务、培训到升级换代的全程服务,具有很高的性价比。

2 国内民机机载航空电子技术与国外的差距分析

由于我国航空工业主要是以军机的研制、生产为主,对机载航空电子系统的研究也主要集中在军用飞机领域,民机相应的系统研发工作起

步较晚。因此,尽管对有关的军用标准有较深刻的了解,但缺乏对民用飞机设计、研制、试验等标准的了解。目前我国民机机载航空电子行业存在3个主要问题:一是目前的机载航空电子系统与技术产品不能满足民用飞机技术要求;二是技术储备不能满足民用飞机市场需求;三是适航技术水平和适航管理能力薄弱,难以满足民机适航标准要求。因此,在技术应用、工艺水平、制造技术、可靠性、可维修性以及性价比等方面与国外先进水平还有较大差距。具体表现如下:

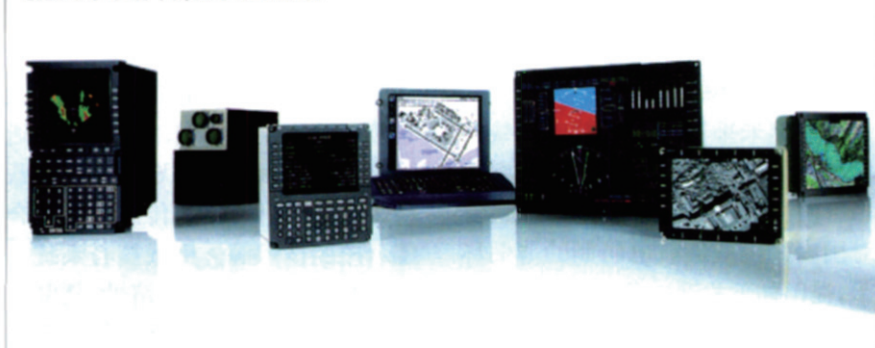
(1)尚未建立健全的民机航电系统研发体系。

在过去的几十年中,我国航空工业主要精力集中在军机领域中,军机航电系统技术已经建立了从系统设计、研制、试验到生产、服务的标准、规范、配套关系,已经具备了军机航空电子系统设计、系统综合和研制生产的能力。但是,由于民用飞机的发展没有明确的需求牵引,导致了民机机载航电系统研制需求的不确定性,经费投入甚少,尚没有建立健全的民机机载产品和系统的研发体系。

(2)缺乏一支专业化的大型客机航电系统研发团队。

在过去五十年的航空工业发展中,我国航空工业在军机机载航电系统研制开发方面,培养了一批具有系统设计、产品研制和生产经验的设计师,并使他们在型号的研制中得到了锻炼,成为航空工业建设的中流砥

航空电子系统中的显示控制系统



柱。相比较而言,我国航空工业中的民用飞机任务较少,而大型客机航空电子系统、设备研制更是长期引进国外产品,机载核心系统和产品长期全部依赖国外进口。因此,造成了民机机载航空电子系统、设备的科研技术力量薄弱,科研人才严重缺乏。

(3) 缺乏大型客机航空电子系统的技术基础和产

品。大型客机航电系统技术基础比较薄弱,长期以来主要是依赖进口产品来装备国内民用飞机。近几年来,我国开始进行了部分机载航电产品的引进与合作生产,但由于缺乏自主的产品/系统研发平台,缺乏系统设计的验证环境,导致系统、产品设计完成之后难以进行验证和试验,导致自主创新力量薄弱,技术进步缓慢,系统和产品的竞争能力差,无法满足飞机平台的要求。

(4) 尚未开展按适航标准进行的系统、产品设计、开发和试验。

民机航电系统研制与军机航电系统在产品目标、设计要求、设计标准、制造试验标准等多个方面存在较大的不同,因此必须建立民机航空电子系统的研制体系,遵循民用飞机设计标准和适航标准展开研制。相对军机研制而言,我们对民用飞机的航空电子设备标准及其适航性要求研究甚少,尚未按照适航体系要求建立起系统设计、开发、制造和试验的体系。目前我国还没有从设计开始就严格按照运输类飞机适航标准的要求进行机载航空电子系统设计,也没有走完适航审查全过程的经验。

民机机载航空电子关键技术分析

根据未来飞机机载航电系统的发展趋势,结合研发大型客机的需求和国内机载航电系统研制的基础,针对国内民机机载航电研制的薄弱环节,提出如下关键技术。

1 系统综合设计技术

系统综合设计技术是航电系统中最为核心的技术之一,是研制航电系统的基础,不仅是因为航电系统是最为复杂的机载系统之一,更重要的是其设计技术是保障飞机平台实现先进性与安全性、飞机运营经济性与舒适性的基础。

综合航空电子系统设计主要根据飞机的飞行任务要求,对系统进行定义、分析、设计、验证、评估并反复迭代,最终满足飞行任务要求。主要包括系统新概念、新结构的研究和开发,开放式、模块化、标准化、通用化的系统体系结构研究,系统模型的研究、建立、验证以及系统相应技术标准的制定。

大型客机航空电子系统综合设计的主要内容有:

- (1) 航空电子系统综合设计技术;
- (2) 模块化设计技术;
- (3) 开放式航空电子系统体系结构设计;
- (4) 系统安全性设计;
- (5) 系统经济性性能评估;
- (6) 适航标准体系。

通过近二十年的军机航空电子系统预研和型号任务研制工作,国内已经掌握了基于联合式航空电子系统结构和基于模块化综合航空电子系统结构的系统设计技术,基本具备了相应的技术研发条件。但是对于民机航电系统设计,我们尚缺乏经验和技

2 核心系统的研发技术

大型客机的机载航电系统涉及非常广泛的技术领域,如:无线电通信导航,机载计算机,飞行控制,机载高速数据、图像传输,传感器和综合显示控制技术。机载核心系统是指涉及飞行安全性、经济性,驾驶员操作性以及设备的维修性等的关键

机载系统。对于这些核心系统的研发技术,我们的起步比较晚,基础也比较薄弱,有些我们已经开展了预先研究工作,有些尚未开展研究。对于这些核心系统的设计、适航审定、验证试飞等方面的工作,缺乏在型号中应用的全过程工程实践。

随着机载航空电子技术的迅速发展,原有的物理系统(外场更换单元LRU),将综合成功能系统(外场可更换模块LRM),这些系统包括了模块化开放式核心处理系统、飞行管理系统、电子飞行显示系统、自动飞行系统、中央维护系统以及通信管理系统等。这些核心系统的研发涉及如下关键技术:

- (1) 模块化航空电子系统的建模、仿真和验证技术;
- (2) 系统协同设计和评估技术;
- (3) 飞行管理系统技术;
- (4) 电传/光传飞行控制技术;
- (5) 高度综合化的驾驶舱显示与控制技术;
- (6) 增强视景系统技术;
- (7) 基于INS/GNNS的组合导航技术;
- (8) 基于CNS/ATM GPS的自由飞行技术。

3 系统验证试验技术

由于民用飞机的研制必须符合国际民航的各项飞行安全条例,满足飞行适航要求,因此对于飞机的各项关键技术,从系统设计到产品研制,均需开展相应的从实验室验证到试飞的验证工作,最终满足适航审定的各项标准。系统验证试验技术已经成为航电系统研发中的一个关键技术,只有通过各项严格的验证试验(包括地面试验和空中试飞试验验证),才能保证所设计的航空电子系统、产品的安全性,满足设计和飞行安全性的要求。为此,需要建立实验室的系统设计、产品研制的试验验证环境,建立用于验证飞机机载航空电子系统空中试飞验证平台,开展系统

适航验证技术研究,提高系统试验验证能力。

4 民用飞机机载系统适航技术

适航体系是确保大型客机最低安全标准的全面审定和管理体系,任何一架民用客机都必须按适航标准的要求进行设计、试验和制造,以确保在每一个环节都满足安全性要求。机载航空电子系统是大型客机重要的核心系统之一,因此,从系统到设备,必须经过适航验证和适航审定,取得适航合格证之后才能进入市场,装备飞机。为此,必须建立航空电子相关设计标准、适航标准、技术标准数据库,建立一套完整的适航体系,培养一支熟悉适航取证过程和产品质量保障的技术队伍和管理队伍。

建议

(1) 以自主创新为主,发展大型客机机载航空电子核心技术。

发展大型客机的先进航空电子系统是一项大型的综合系统工程,位于民机产业的高端,具有经济价值高,技术难度大,综合性强,潜在应用价值大等特点。发展大型客机的先进机载航空电子系统应当遵循民机发展规律,由客户和市场决定一切。

在国内现有的技术基础和工业基础上,结合民机航空电子系统的特点,坚持技术创新,对于飞机机载航空电子系统的设计技术、系统系统集成技术、核心系统的设计技术以及系统验证试验技术等关键技术,必须通过大型客机项目,建立自主创新的研发平台,研制出符合国际标准的具有自主知识产权的核心系统和产品。以往民机机载产品研制的经验已经证明了若不掌握对产品/系统的知识产权,最终只能组装别人愿意出让的机载产品,不仅无法掌握技术,而且长此以往将影响和制约我国民用航空工业的发展。因此,我们必须拥有产品/系统的研发平台,拥有自己对产品/系统的知识产权,这一点对

于技术进步和发展具有非常重要的意义。

(2) 建立强有力的服务和用户支援体系。

与军机研制相比,大型客机的研制更面向市场,更注重安全性和经济性。在日益激烈的市场竞争中,降低飞行运营成本已经成为直接影响航空公司经营成败的关键。由于传统思维模式的影响,只重视技术可行性研究,往往忽视了用户在商业运营中的可赢利性研究。我们要借鉴国外的成功经验,充分倾听客户心声,并且超越客户的期望,将全方位体系的建设作为其市场战略的重点,建立起制造商与供应商一体化的产品支援体系,按全系统、全寿命、全效益的管理要求,制定产品售后支援计划、实施维护工程计划、建立支援体系、提供外场服务、提供客户支援服务等,最大限度地满足用户需求,努力降低飞机的维修成本。

(3) 积极开展国际合作,通过消化吸收再创新。

相对军机航空电子系统研制而言,我国民机航空电子系统研制的基础比较薄弱,为加速飞机机载航电系统研制,加强市场竞争,应积极开展广泛的国际合作,选择合适的产品,通过合作,通过消化吸收再创新,提高技术起点,增强系统和产品的市场竞争能力。

参照以往对外合作经验,对飞机机载的核心航电系统和产品,如航电系统、飞行管理系统、飞行控制系统、中央维护系统等应主要采用联合设计方式进行合作,通过引进,消化和吸收的方法,最终实现技术的自我再创新,拥有技术的自主知识产权。对于雷达、大气、惯导、S模式应答机等有一定技术基础的产品可采用转包生产等方式来进行合作,最终实现市场、利益的共享。

(4) 加大政府对民用航空电子产业的扶植与投入力度。

我国民机航空制造产业尚处于发展期,民机机载航空电子产业更是如此。在国内民机市场竞争国际化的环境下,民机机载航空电子产业将面临世界级的巨无霸公司,这些公司长期为波音和空客等公司提供系统及产品,具有很强的竞争能力。因此,在民机机载航空电子系统和产品研制方面,我们将面临的是“奥运会”的竞争,同时还将面临着技术、资金、市场和成本等方面全方位的竞争。由于大客机载航空电子系统技术含量高,产生的附加值较高,而我们目前技术基础比较薄弱,更容易遭到来自技术、市场等方面的限制,成为我国发展大型客机项目的瓶颈。因此,建议将发展大型客机机载航空电子技术作为发展大型客机项目不可分割的一部分,在发展大型客机的同时,应同步开发相应的航空电子系统,并将其作为一项政策进行扶植,在产品研制开发投入、研制保障条件和生产技术改造投入方面与飞机一样进行配套支持。只有这样才能走出我国自己的民机机载航空电子发展之路,否则,将很难摆脱当前机载电子系统和产品所面临的困境。

结束语

大型客机是带动国家科技发展,促进国民经济和社会发展的战略性项目。作为大型客机核心系统之一的民机机载航空电子系统,它的发展也必将带动相关产业的迅速发展。通过分析国外技术发展趋势和存在的差距,充分认识发展民机航空电子系统的重要性、任务的复杂性和艰巨性;充分认识到在研制大型客机航空电子系统中技术能力的重要性,在培育技术能力上要意志坚定,长期不懈;充分认识到掌握产品/系统关键技术知识产权对于今后发展的重要性,坚持掌握自主知识产权,夺取技术发展的制高点。

(责编 侧卫)