

大型客机机载系统技术发展趋势

Development Trend of Airborne Equipment Technology for Large Commercial Aircraft

中国一航科技发展部 李京生
中国航空综合技术研究所 李军生



李京生

中国一航科技发展部部长。主要从事机载设备预先研究管理工作。参加过我国国防预先研究航空电子、机载设备、武器 4 个五年规划、计划的论证与组织实施工作，先后获得 3 项国防科技成果一等奖。国际航空科学理事会程序委员会委员，中国电子电工结构标准化委员会委员，国家科技部国际科技合作计划专家。

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用于飞机制造中以满足民用飞机发展的需求，其中机载设备占有重要地位。

机载系统技术的先进性是体现大型飞机先进性的重要标志，其功能和性能直接关系到大型客机的飞行

B787 和 A380 均采用了模块化综合航空电子技术、先进的功能系统和飞行控制系统等诸多新技术。这些飞机所采用的机载系统的技术水平代表了当今世界大型民用飞机机载系统技术的先进水平。

安全性和经济性，甚至关系到大型客机研制的成败。

国外大型客机机载系统技术发展趋势

目前，国外现役和在研的大型客机中，采用先进机载系统技术的当属 B787 和 A380 等大型客机。作为当今世界上最先进的大型客机，B787 和 A380 均采用了模块化综合航空电子技术、先进的功能系统和飞行控制系统等诸多新技术。这些飞机所采用的机载系统的技术水平代表了当今世界大型民用飞机机载系统技术的先进水平，同时也展现了未来世界大型客机机载系统技术的发展趋势。

1 国外大型飞机航空电子系统技术发展趋势

航空电子技术是航空技术中发展最快的技术之一，从分立式、混合式、联合式到高度综合化的航电系统，其发展周期越来越短。以雷达技术为例，大约每 15 年就有一次跨越式的进步。航空电子技术的发展始

终围绕着安全、效率、成本这些航空公司最为关注的目标展开。

波音 787 航电系统的综合化程度远远高于任何以前的机型。波音 787 上共计只有 30 个独立的计算机系统，而波音 777 上大约有 80 个这样的系统。波音 787 开放式的通用结构设计，能方便快捷地对机上从电子设备到旅客娱乐设施等各种设备进行改进。而且所有计算机系统都是按照一个通用的标准 (Arinc 653) 设计的，航空公司可以在一夜之间为它的机队插入新的应用软件。

B787 飞机航空电子系统主要包括通用核心系统 (CCS)、主显示器、通信系统、综合监视系统、导航组合、机组信息系统 / 管理系统 (CIS / MS)、电子飞行包和平视显示器 (HUD) 等。其主要特点是：

- 采用满足 ARINC 653 标准的、开放式系统结构的通用核心系统 (CCS)；
- 采用满足 ARINC 664 标准的、光纤以太网的通用数据网络 (CDN)；

• 采用机组信息系统/管理系统(CIS/MS)和通信与监视系统(CISS) 2100;

• 采用了5个9inch×12inch(约23cm×30cm)的大尺寸LCD和2个平视显示器(HUD),在进近与着陆等关键飞行阶段,这些显示器能为飞行员提供从下视显示器到平视显示器的无缝隙信息迁移。

波音787驾驶舱设计中实现了四项“第一”,包括:

(1) 首次采用38cm(约15inch)大尺寸的液晶平板显示器,这是迄今所有民用飞机中尺寸最大的显示器;

(2) 第一次在驾驶舱中采用双平显布局;

(3) 第一次将通信和监视系统综合为一体的波音飞机;

(4) 第一次在飞机的客舱和驾驶舱中采用了共同使用的以太网结构,使乘客和机组成员可以进行有效的无线通信。

B787飞机航空电子系统采用了罗克韦尔柯林斯公司的综合监视系统(CISS)。这是新一代航电系统的典型,集地形、空中交通和气象监视功能于一身,能对这些信息进行管理、综合并区分出优先等级,为机组人员提供优化的监视系统解决方案,既采用成熟的技术,又加入新一代航空运输体系所要求的监视功能,形成一个开放式结构的高度集成系统。CISS的基本功能包括地形告警、空中交通管理、S模式应答机以及气象雷达探测,它同时为下一步的新航行系统(CNS/ATM)提供了一个发展平台。地形告警系统(TAWS)包括有增强型近地告警系统(EGPWS)、反应式风切变探测、过早下降预警以及前视地形回避等功能,可显示机身下方的地形,使机组人员更为精准地了解地形特征。EGPWS的地形数据库具有“前视”能力,能够将飞机位置放置于地形数据之中,以预测它

同地形之间可能的冲突。应答机包括了A模式、C模式或S模式(带有Mode-S专业服务),具有基本及增强监视能力。其交通管理计算机具有ADS-B/CDTI功能,将来还会提供机场的场面监视数据,这将使飞行员能承担部分空管员的职能,对进一步提高机场的容量发挥作用。多波束气象雷达(Multi-Scan™)是罗克韦尔柯林斯公司开发的一种新型气象雷达,具有前视式风切变探测能力,探测距离达320海里(约593km),具有完善的天气评估系统和识别恶劣气象的能力,可减少飞机航线偏离以节省油料,其全自动操作更可减轻机组人员的工作负荷。

最近,罗克韦尔柯林斯公司在Pro Line 21航空电子系统的基础上推出了新一代的航空电子系统——Pro Line Fusion,可提供一个集成的驾驶舱,以确保系统之间的协同能力。这个系统配有38cm的

雷兹航空电子集团公司研制,是基于ARINC 653标准的、开放式的综合模块化航空电子系统(IMA)。主要特点是:

• 由航空电子全双工以太网(AFDX)和18个IMA模块构成;

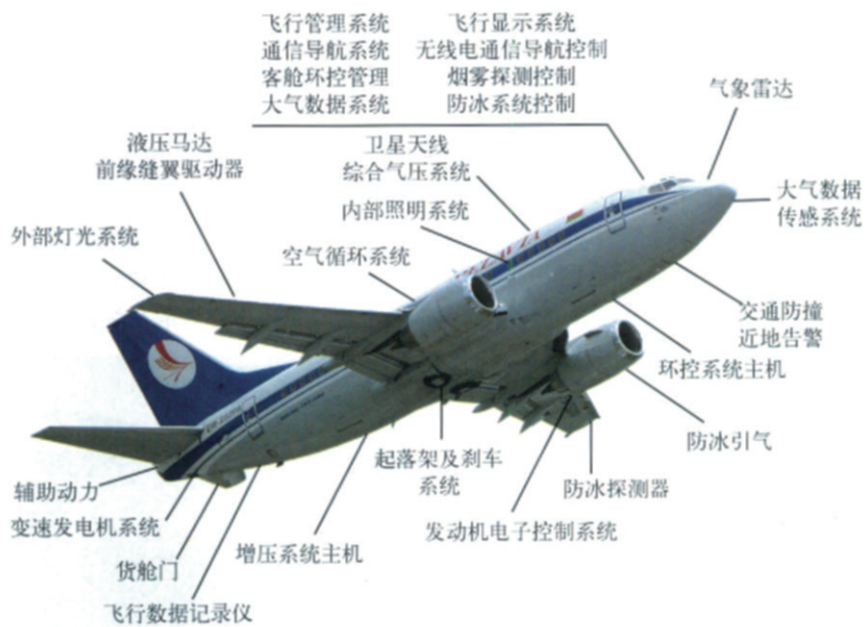
• 由气象雷达、威胁警告与防撞系统(TCAS)、地形告警和S模式应答机构成飞机环境监视系统(AESS),实现了数据一级的综合;

• 采用8个6inch×8inch(约15cm×20cm)的液晶显示器(LCD),所有显示器相同,可互换;

• 应用新一代的飞行管理引导系统,其通信协议和网络技术规范采用电子行业通用规范;

• 软件、硬件和部件方面尽可能采用电子行业的成熟技术,保证高度的开放性和可再用性;

• 第一次把驾驶舱和客舱电子系统全面综合起来,使航空电子核心系统靠向更加完整协调的电子体系;



大型客机机载设备配置与分布情况

高分辨率显示器、平视导引系统、合成与增强视景系统,以及多扫描气象雷达系统等,未来该系统还将具备语音识别能力。

A380飞机航空电子系统由泰

• 第一次把空地应用需求紧密结合起来,以便实现空地运行网络化管理和满足空地一体化无缝隙不间断服务的需求。

A380飞机航空电子系统是世界



A380驾驶舱

上第一套面向电子工业行业标准的航空电子系统。

随着新航行系统的部署、航空电信网和卫星通信技术的应用、空地电子网络和信息技术的普及,从航空电子系统的角度看,航空电子系统的开放性和再用性越来越强,系统功能不断综合,从而朝着更加完整协调的航空电子体系方向发展,已经出现了驾驶舱、货舱和客舱电子系统全面综合的趋势;从空地大系统的角度看,已经出现了航空电子系统与地面电子系统紧密融合的趋势;从航空运输的服务内容看,已经出现了提供完整的空地之间、飞行与航班衔接之间的无缝隙不间断飞行管理和服务的趋势。未来民用飞机航空电子技术的发展将更加突出模块化、综合化、信息化和智能化。

2 国外大型客机机电系统技术发展趋势

大型客机的机电系统主要包括飞行控制系统(FCS)、电力系统、环控系统、燃油系统、液压系统、救生系统、刹车系统、乘员生活设施等系统。世界上各航空工业发达国家,在努力发展大型客机的同时,无不竞相投入巨大的人力和财力,积极开发先进的大飞机机电系统。

多电飞机架构(MEA)是一项突破性技术。采用该技术后,飞机的机

电系统变得更为轻巧和简单,使飞机更具有创新性,成本效益更高,更易于操作。它使飞机的重量大为减轻,使原来液压系统和管道所占据的重量让位于乘客、燃料、有效载荷,从而能够大幅度降低民用飞机的乘客平均成本。目前,国外大型客机机电系统已

采用多电机技术完成次级功率产生和分配、空气管理、液压操纵和发动机供油等飞行保障功能。

波音 787 堪称商用大型喷气式飞机中的第一种近乎的“全电机”,波音 787 的刹车、防冰、发动机启动、环控系统都采用电气式系统,而且该机的一些作动系统中采用电液作动器。波音 787 首次启用了电刹车系统,与液压刹车系统相比,刹车系统得到大大简化,系统可靠性得到提高。将客舱环控系统由传统的发动机引气系统驱动改为电驱动,从而结束了已经沿用了半个世纪的传统的客舱增压技术。虽然也采用液压作动器,但大多数液压作动器的动力都是靠电力提供的,只是在发动机吊舱

加温和整流罩防冰系统中保留了发动机引气装置。其机翼防冰也将采用电加热系统,而不是发动机引气系统,这是一个较大的约 100kW 的电负荷。它的电源系统与以往的波音飞机有着很大的区别,飞机上的电源来自 4 个安装在发动机上的 230V 交流、250kW 变频发电机和 2 个安装在 APU 上的 230V 交流、225kW 变频发电机组成,变频系统取代了传统的恒频系统。这种变频电源系统在空客 A380 上也得到应用。波音 787 将更多地采用固态功率电子装置。

如何控制世界上最大的客机 A380 飞机的重量和部件体积是一个很关键的问题。以多电技术部分代替 21MPa (3000psi) 的传统液压系统可以做到这一点。为此, A380 率先在大型客机上应用了 35MPa (5000psi) 的高压液压系统技术和电静液作动器(EHA) 等新技术,既满足了工作的需求,又减少了体积和重量。A380 采用组合了液压作动器、EHA 和电备份液压作动器(EBHA) 的方案,可减轻 1500kg 重量。这些新技术的采用再次表明现代大型客机正在朝着多电和全电方向发展。

A380 飞机采用了一种双体系结构的飞行控制系统。这是一种混合的飞行控制作动电源分配系统,即把



B787驾驶舱

用于备份系统的分布式电作动器与主动控制的常规电传液压伺服控制(包括电液伺服阀)结合起来,形成4套独立的主飞行控制系统。其中2套系统采用传统的以液压为动力的作动系统,另外2套以电为动力,装备用于操纵面的分布式电液作动器系统。因此,这种体系结构也称为2H/2E结构布局。理论上,这4套系统中的任何一套都可以用来对飞机进行控制,这使A380飞机的飞行控制在系统独立性和冗余度上达到了前所未有的水平。A380选择的多电结构使用的备用作动器是EHA,主动作动器仍然是常规的液压伺服控制,特别是主飞行控制系统,这种固有的“故障-安全”冗余有益于在引入新技术时降低风险。

A380还是第一种采用固态功率控制(SSPC)的辅助电力分配系统(SEPDS)和集成式安全监视系统的民航机。辅助电力分配系统采用可编程SSPC器件取代传统的机电断路器技术,为飞机在负载管理、故障隔离、完好性诊断监视等方面提高了灵活性,以便进行修改和升级。基本辅助电力分配系统可管理1500个负载,加上备用的增长能力,则可对2000多个负载进行控制。A380还采用了以电为动力的推力反向作动器系统(ETRAS),这是供民航机使用的第一种以电为动力的推力反向作动器系统。

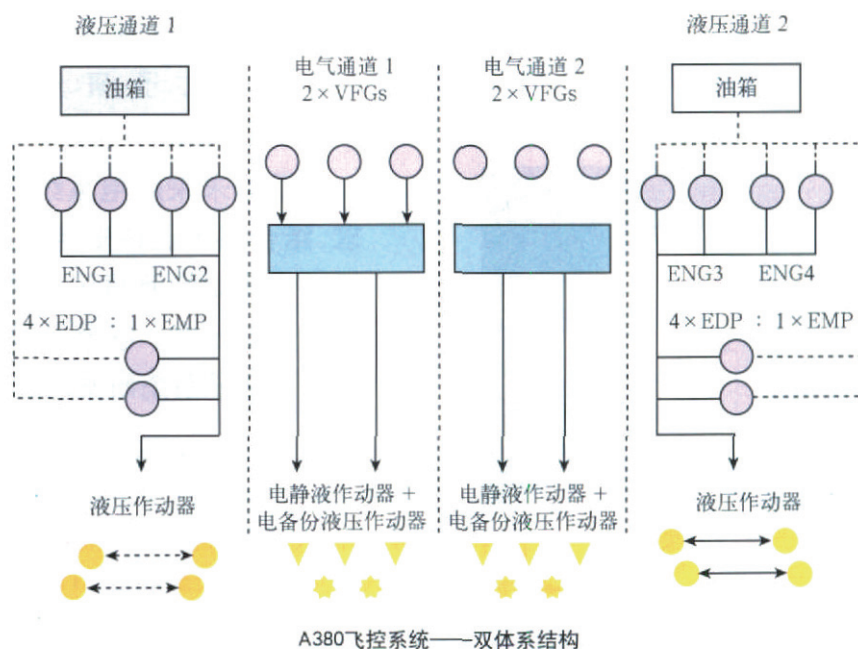
发展我国大型客机机载设备系统技术的思考

2007年2月,我国国务院常务会议原则批准了大型飞机研制重大科技专项正式立项,整个项目国家将投入数百亿元发展飞机机体、发动机、机载设备,我国的大飞机项目再度起航,体现了国家意志。但是,大型客机发展的道路决不会是一帆风顺的,必须采取正确的方法,才能走向胜利的彼岸。

建国以来,我国航空工业从无到有,逐步发展壮大,我国机载设备行业已初步形成专业齐全、预先研究和研制生产较为完整的科研生产体系;研制生产了第二、三代军用飞机的机载设备,并有效地为现役飞机的升级和改装(含出口型)提供相应的机载设备;机载设备行业已形成了若干个以研究院、所为核心的科研生产中心,并拥有一批技术骨干以及技术带头人;在设计、研制生产和试验等条件建设方面,通过技术改造获得了很大的改善,为大型客机机载设备的研

广阔的发展前景。如果目前的现状不尽快改变,我国航空机载行业将永远失去进入国内、国际民用飞机市场的机会,这将对国民经济造成不可低估的影响,在紧急时期还可能造成受制于人的不利局面。

建议以大型飞机项目为契机,根据飞机、发动机和机载设备协调发展的原则,强调建立机载设备自主研发、配套和维护的体系与能力,有重点、分步骤地突破大型客机机载系统的关键技术,对某些重大核心技术安排演示验证;与此同时,积极开展探



制奠定了较好的基础;近年来,机载设备行业与国外开展了许多有效的技术交流合作,也为我国大型客机机载系统的研制提供了良好的技术基础。但是,机载设备行业普遍缺乏按照国际适航准则研制与开发民用飞机机载设备的经验,系统集成能力较弱,核心系统研制水平较低。总的来看,我国民用飞机机载系统技术水平和研发工作滞后军用飞机机载系统技术的发展,在系统顶层设计、综合验证和适航取证方面缺乏工程应用经验。

航空机载系统技术是民用飞机技术中附加值最高的技术之一,具有

索研究工作。积极与中国民航合作,充分利用现有的技术基础,开展民用飞机机载系统适航技术等一批共性、基础性技术的研究,有效提高产品的适航性能水平,解决长期困扰我国机载产业发展的技术难题,力求在适航上取得重大突破。充分利用国内民航市场的巨大吸引力,积极开展国际合作,有选择地开展关键项目的分工合作,实现跨越式发展,只有这样才能真正构成我国相对独立和完整的飞机产业,既确保经济增长又避免受制于人,最终实现主要机载设备国产化的目标。

(责编 晓霏)