

# 民用飞机机电 综合管理系统分析

## Analysis on Integrated Electrical and Mechanical Management System of Civil Aircraft

上海飞机设计研究院电气系统设计研究部 孙欢庆



孙欢庆

工程师,主要从事机载航空电子系统和飞机电气系统研究。

机电系统的综合可以大大减少电子设备的重量和体积,能够显著提高飞机的可靠性、维修性和燃油经济性,并且显著提高机电系统的先进程度和可测试性。机电系统的综合已经成为民用航空电子的发展趋势,必将对未来民用飞机发展产生深远影响。

舱显示控制技术;智能化的设计;基于性能导航;飞行健康管理;现代化的客舱管理系统;无纸化运行技术;语音识别技术等。由于机电系统的特殊性,与航电系统融合来优化整机的经济性和维修性等指标变得越来越重要。

### 国内外发展状况

当今先进民用飞机的机电综合管理系统都是基于航电系统平台,采用开放式结构、集成模块化航空电子设备和先进数据总线等最新技术,系统的集成度越来越高,功能也越来越强大。下文将分别对空客 A380 和波音 787 先进的综合航电系统介绍。

#### 1 空客 A380 综合航电系统

空客 A380 飞机综合航电系统(图 1)使用了 IMA 架构,采用了商用

货价产品(COTS)技术和 Integrity-178B 操作系统。

A380 共有 30 个外场可更换模块(LRM),通过 AFDX 网络进行连接,实现 4 个功能区的控制:驾驶舱 IMA 综合了传统的航空电子系统等;客舱 IMA 综合了环控、客舱信息分发系统、盥洗室等;能源 IMA 综合了电源、液压、引气等;公共设备 IMA 综合了起落架、燃油、前轮控制等<sup>[1-3]</sup>。由于飞行控制和发动机控制系统是 A 级系统对飞机安全性影响很大,目前未综合到 IMA/AFDX 系统架构中<sup>[2]</sup>。

#### 2 波音 787 综合航电系统

波音 787 飞机也采用了开放式结构(图 2),它的综合航电系统主要由通用核心系统(CCS)组成,它包括 2 个通用计算设备(CCR)、10 个通用数据网(CDN)和 18 个远程数据采

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,民用飞机制造商应用大量先进技术满足民用飞机发展的需求,其中综合航电系统占有重要地位和份额,而基于综合航电网络的机电综合管理系统成为新的研究热点。

民用飞机航空电子系统逐步呈现以下特点:采用综合模块化航空电子系统(IMA)的构型;先进的座

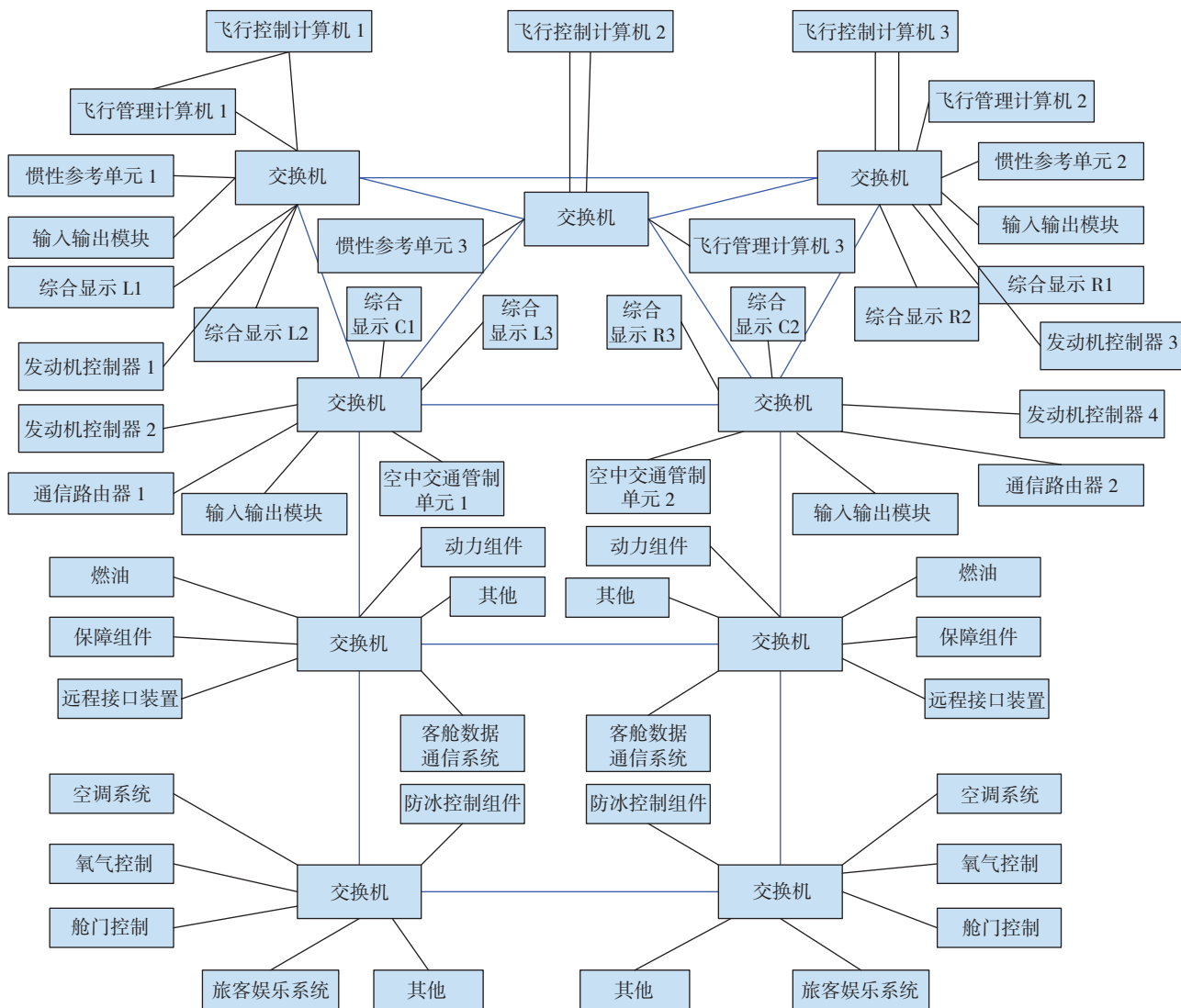


图1 A380飞机综合航电系统架构

集器(RDC)等。它除了传统意义的航电系统综合外,还综合有以下机电系统功能:环控系统空调、压调、冷却控制及指示、风挡加热;电源系统控制及指示、二次配电控制;燃油系统油量测量、指示及惰化系统;液压系统控制及指示;起落架收放、前轮转弯控制及指示和刹车部分功能;客舱系统的厨房、水废水、氧气系统等;发动机APU的防火探测和灭火控制及指示;发动机反推控制及指示<sup>[2-3]</sup>。

### 3 大型客机综合航电系统

目前国内在研的国产大飞机采用与波音787类似的航空电子架构,综合了传统航电系统的部分功能,而在机电系统综合方面,只进行了水废

水系统功能的驻留。

### 研究进展

从两种先进的飞机综合航电系统介绍中可以看到,国外民用飞机的系统综合已经达到相当高的水平。对于未来的国产民用飞机而言,应在系统综合的理念和方法上进行创新,并在部分关键技术寻求突破,以达到目前先进民用飞机系统综合化水平。机电综合管理系统的概念正是基于此背景提出的,由于我国民用航电设备水平和集成能力的限制,学习竞争机型在航电平台进行大规模机电系统集成风险较大,可能导致非重要系统的开发和集成问题,导致整个

航电核心平台的延迟,并且由于机电系统信号和控制的特殊性,航电系统的通用RDC在机电系统综合上无太大优势,故本文提出基于IMA平台、专用/通用RDC和RPDU架构的机电综合管理系统理念,以牺牲较小的重量代价来获得系统集成较好的收益。

#### 1 研究目标

民用飞机的机电综合管理系统是以IMA架构和分布式实时信号传输网络为基础,通过对系统和网络资源的共享、合理配置与管理,实现不同安全等级的机电系统功能的综合以及信号的采集、集中传输和实时控制,从而提高机电系统的信息和设



油系统专用 RDC,用以收集油箱内各传感器信号。

(5) 种类 5: 此类接口装置是快速闭环 RDC,如刹车控制器和前轮转弯控制器,此类设备由于传感器的处理和控制在极短时间内完成,其闭环控制功能在专用 RDC 中完成。

(6) 其他: 普通 SSPC 板卡通过 RDC 与网络进行交互,具备信号处理功能的 RPDU 直接与网络进行交互,另外 RPDU 需考虑特殊的需求,如接地故障要求。RPDU 技术用以综合包括设备供电、供电逻辑和接地故障保护等。其他未综合系统(如飞控或动力等)如为 A429 设备,则通过 RDC 与机电综合管理系统网络进行交互;如为 A664 设备,则直接通过航电网关进行交互。

## 难点及关键技术

民用飞机采用上述技术体系后,基本能够达到现役波音 787 飞机和 A380 飞机的水平。目前国内集中式 IMA 硬件平台的水平已经极大提高,基本能够满足相关的硬件需求,但国内机电综合管理系统仍有部分关键技术需要突破。

### 1 开放式软件集成技术

系统结构的开放性必然会导致软件接口的开放性。由于采用模块化硬件平台,需根据电子技术的发展裁剪升级相应的硬件平台,因此软件的系统结构必须能够通过升级方式来支持未来的机电综合系统平台。为此,航空电子软件系统需要实现两个主要目标:一是搭建可重构的软件框架;二是建立可重用的应用程序组件<sup>[4]</sup>。

目前,国内对于操作系统软件开发和驻留应用的大规模开发集成还存在一定的技术和经验差距。操作系统提供的基础能力包括应用程序接口、健康监控和故障管理等应特别予以关注。另外,驻留应用的开发应

利用增量认可的方式来支持信任累积,并保证应用之间的健壮分区以避免程序之间的相互影响。

### 2 系统设计验证技术

目前,机电综合系统的开发需要遵循 ARP4754A 和 DO-297 的相关要求,系统设计验证过程需确保对 IMA 系统特定需求的实现得到满足,以确保在所有级别上的需求都正确、完整地得到实现来保证实现的措施是正确的,并且验证过程要保证在所有级别上的需求都是完整的、可追踪的、准确的、可验证的和无歧义的。IMA 系统认证的另一个重要方面是通过获得对 IMA 平台、模块或驻留应用的增量认可与认证信任,累积达到 IMA 系统在飞机上的安装批准直到获得认证通过。

目前,国内对于机电综合系统的验证还未按 ARP4754A 走过完整的需求及验证流程,其中有很多技术难点和认证方法并未掌握,有待于进一步探索实施。

## 发展趋势

### 1 分布式 IMA

根据 RTCA DO-297 中所述,分布式综合模块化航空电子系统是一种充分利用确定性和高完整性通信功能的 IMA 架构。相比现有的 IMA 设计,分布式 IMA 架构能够更好地支持重新配置、预测性维护、增量升级和认证,使 OEM 厂商和系统集成商能够开发真正模块化、可扩展和优化的集成架构,同时降低系统复杂性和产品全生命周期成本。

分布式 IMA 将不同的 IMA 模板分布于飞机的各个区域、I/O 接口和控制靠近作动器和传感器并且按集成区域划分,分布式 IMA 可以带来以下效益:(1) 节省重量、体积、能耗和冷却气体需求;(2) 减少备用板块数量;(3) 更加灵活,可扩展性好,后续功能驻留更新更加方便,对平台影响小。

目前,国内分布式 IMA 技术尚不成熟,对于机电综合管理系统而言,分布式 IMA 的研究更具有重要意义,可以与 TTE 分布式实时网络结合形成新一代的 DIMA 系统。

### 2 TTE 网络

TTE 是在 IEEE802.3 以太网上实现的时间触发网络协议,在整个网络中建立一个全局统一的始终,各个终端之间的通信基于网络中全局时间来进行,有确定的通信延迟和时间偏移。TTE 总线能够满足高等级的航空航天应用需求,可支持 100Mbps 和 1000Mbps 速率,可满足实时系统和非实时系统的需求<sup>[5]</sup>。

目前,TTTech 公司已开发完成并提供相应的软硬件和附加网络服务。这种技术的问世使得整个网络系统可变成一台分布式容错硬实时计算机,能够处理不同临界状态的多个分布式功能。分布式应用程序可驻留在任何计算模块内,并可进行配置,以硬实时访问所有传感器和作动器。

## 结束语

机电系统的综合可以大大减少电子设备的重量和体积,能够显著提高飞机的可靠性、维修性和燃油经济性,并且显著提高机电系统的先进程度和可测试性。机电系统的综合已经成为民用航空电子的发展趋势,必将对未来民用飞机发展产生深远影响。

## 参考文献

- [1] 唐建华. 机综合航空电子系统今昔谈. 国际航空, 2007(6): 28-30.
- [2] Moir L. Civil avionics systems. Reston: American Institute of Aeronautics & Astronautics, 2003:8-27.
- [3] Moir L, Seabridge A. Aircraft systems. England: John Wiley & Sons Ltd, 2008:442-475.
- [4] 熊华钢,王中华. 先进航空电子综合技术. 北京:国防工业出版社, 2009:190-240.
- [5] 金德琨,敬忠良,王国庆,等. 民用飞机航空电子系统. 第一版. 上海:上海交通大学出版社, 2011:24-36.

(责编 深蓝)