

# 臧军

发动机控制系统专家

■ 臧军 Zang Jun

中航工业首席技术专家

Chief Expert of AVIC

中航工业航空动力控制系统研究所副总设计师

Vice Chief Designer of AVIC Aviation Power Control System Institute

**：**航空发动机控制系统是航空发动机的重要组成部分,请您谈谈该技术的现状及发展趋势。

**臧军:**航空发动机控制系统是航空发动机的关键系统,用于监视和控制航空发动机各部件和系统协调、安全可靠工作,在各种环境下充分发挥发动机的效能,保证发动机提供飞机所需的推力要求。

自20世纪90年代以来,双通道的全权限数字式电子控制(Full Authority Digital Electronics Control, FADEC)系统已成为航空发动机的标准控制系统。目前,F135发动机控制系统是世界上最先进的FADEC系统。该系统采用先进的多变量控制设计方法,实现了超声速巡航、过机动飞行、短距起飞/垂直着陆等模态控制;采用发动机健康预测管理技术和容错控制技术,提高了发动机的可靠性,实现了发动机及系统视情维护,延长了发动机飞行时间。

随着飞机对高性能、高可靠性航空发动机的需求,以及微电子、微机电及控制理论的发展,航空发动机控制系统将向着小型化、综合化、耐恶劣环境、自适应、高性能、高可靠性、高维护性和低成本的方向发展,逐步形成综合化、智能化、分布式的,集成推力控制、状态监视、健康预测的航空发动机管理系统。

**：**要实现分布式控制在航空发动机系统中的应用,您认为还需要加大哪些关键技术的研究力度?

**臧军:**分布式控制系统是将集中式控制系统功能进行分解,部分功能由智能装置完成,各智能装置由中央控制器统一调度、指挥,以实现发动机状态控制。相对集中式控制系统,分布式控制系统能降低控制系统的复杂性和重量,提高控制系统的可靠性、维修性和保障性,缩短控制系统研制周期,降低全生命周期内系统维护成本,有利于控制系统升级换代。

分布式控制在航空发动机系统中的应用,应重点关注以下方面:(1)高温电子技术,该项技术是分布式控制系统在发动机控制系统中应用的关键,各智能装置由电子电路、软件组成,为减轻重量、提高性能的指标,它们通常安装在环境恶劣的发动机上,最高环境温度可达500℃;(2)实时通信总线技术,数据及时、准确直接影响控制系统的稳定性和控制品质,实时通信总线技术需要研究通信总线架构、带宽、容错、网络掉包和时延等技术,包括高温通信接口电子电路设计技术;(3)电源总线技术,直接影响控制系统的成本、重量和可靠性,它主要包括电源高温元器件、分布式电源拓扑结构、高温电源转换设计技术;(4)智能装置设计技术,智能装置要适应工作环境,满足分布式控制系统分配功能和性能要求,具有较高的可靠性和安全性,实现自适应、自诊断、故障或维护申报等能力。

**：**近年来,数字技术发展非常迅速,请您谈谈数字仿真系统在航空发动机控制系统研制中的应用。

**臧军:**数字仿真是航空发动机控制系统研制的重要手段,能大大提高控制系统设计水平,减少试验工作量,减少和避免研制的反复,缩短研制周期,有效降低研制费用及风险。

在航空发动机控制系统总体设计阶段,应用商业软件(如Matlab/Simulink)或自行开发的仿真软件构建控制系统的数字仿真系统,进行控制系统功能和性能的数字仿真,确定控制系统控制律,初步确定各控制回

路的控制参数;通过dSpace设备构建控制系统快速原型系统,验证控制系统总体设计方案、系统物理架构合理性,确定控制系统各组成部件或子系统的功能和性能。

在控制系统详细设计阶段,应用虚拟技术设计各个部件或子系统的数学模型,构建虚拟的控制系统,与发动机数学模型结合形成虚拟数字仿真系统,进行控制系统各控制功能

**臧军:**自然科学研究员,现任中航工业动控所副总设计师,中航工业集团公司发动机控制系统首席技术专家。

作为主要技术负责人,承担了多个重点型号和重大预先研究项目的研究工作。其中,承担的国家重点型号某型涡扇发动机数字电子控制器研制工作,解决了多项关键技术问题,推动了发动机的研制进程,并荣获中航工业“航空报国金奖”三等奖2次;主持某项国家重点预先研究计划中航空发动机数控系统的设计验证工作,取得了多项技术成果,基本建立了包含设计规范、设计软件和数据库的航空发动机数控系统设计体系,分别荣立“十五”和“十一五”预研工作个人二等功。曾荣获国家科学技术进步三等奖1次、国防科技进步二等奖和三等奖各1次、航空工业科技进步奖各种奖项多次、航空工业55周年“航空报国优秀贡献奖”等,享受国务院政府特殊津贴专家。



仿真和控制品质优化设计。

在电子控制器完成硬件试制及控制软件完成代码编制,建立电子控制器硬件在回路的综合仿真系统,以检查电子控制器硬件和控制软件的功能和性能,验证控制软件的实时性。

在控制系统系统集成与试验验证阶段,应用发动机数学模型,开展控制系统半物理模拟试验(半实物仿真),以减少发动机台架试车风险,加快研制进度、降低成本。

(采访 谷雨 责编 深蓝)