

基于网络的航空产品设计/制造/服务一体化技术研究

Research on the Network-Based Integration of Aviation Product's Design, Manufacturing and Service Technology

中航工业北京航空制造工程研究所数字化制造技术航空科技重点实验室 王湘念 侯志霞



王湘念

中航工业北京航空制造工程研究所副总工程师, 主要研究方向为信息化、数字化制造。

互联网在相继“颠覆”传统通信、传媒、商业购物等领域之后, 现已开始“冲击”传统制造业, 同时也给制造业带来机遇, 使资源配置、研发方式、研发周期、产品的性能优化、全生命周期健康管理以及商业模式等发生重大变化。航空制造业具有技术密集度高、产业关联范围广、军民融合性强、辐射带动效应大、工业化和信息化融合程度深等特点。航空制造业

航空产品结构复杂、制造环节多、研制周期长。从产品生命周期的角度可以将航空产品划分为研发设计、生产制造、使用维护等环节, 这些环节具有很强的相互关联性, 基于网络、运用通信、传感、云计算、大数据分析等技术将航空产品的设计、制造与使用这些环节有机地联系起来, 对航空产品技术水平、产品质量和服务水平的提高都将具有重大意义。

处于装备制造业的高端, 是国家工业基础、科技水平、综合国力、国防实力的重要标志和综合体现^[1]。

通常航空产品包括飞行器、航空发动机和机载设备。航空产品结构复杂、制造环节多、研制周期长。从产品生命周期的角度可以将航空产品划分为研发设计、生产制造、使用维护等环节, 这些环节具有很强的相互关联性。基于网络、运用通信、传感、云计算、大数据分析等技术将航空产品的设计、制造与使用这些环节有机地联系起来, 对航空产品技术水平、产品质量和服务水平的提高都将具有重大意义。

基于网络的航空产品设计 / 制造 / 服务一体化内涵

基于网络的航空产品设计 / 制造 / 服务一体化包括2个方面的含义: 一方面通过航空产品全生命周期管理的一体化, 实现设计 / 制造 / 服务信息集成以及计算资源和制造资源的共享, 实现研制过程的并行协同、制造依据的数字化传递和过程控制; 另一方面通过对产品制造(含试验)数据的分析反馈实现对产品设计的优化, 通过对使用过程中数据的采集分析, 实现对产品的设计、制造缺陷的挖掘, 进而实现产品性能的优化和

改进。

如图1所示,基于网络的航空产品设计/制造/服务一体化强调设计、制造和使用服务过程支撑平台的网络化以及设计、制造、服务过程中的流程与数据的一体化。

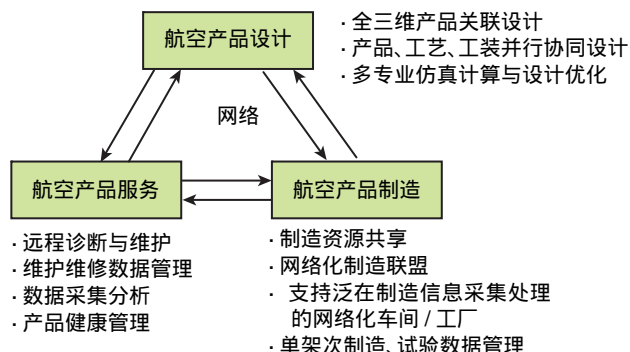


图1 基于网络的航空产品设计/制造/服务一体化内涵

1 基于网络的航空产品设计

基于网络的航空产品设计是指在产品投产之前的概念设计、详细设计、仿真计算、工艺设计、工装设计环节,基于网络化设计平台,由多专业、多学科的设计人员并行协同地建立数字样机、功能样机、性能样机以及虚拟化制造模型的过程。设计过程要实现计算资源和设计知识的共享,这是优化产品性能、缩短产品研制周期的有效手段。

2 基于网络的航空产品制造

基于网络的航空产品制造,一方面建立能够共享制造资源、灵活配置组织生产的网络化制造联盟,形成由新商业流程驱动的、具有竞争优势的网络化制造企业,通过精益的供应商网络实现制造能力的扩张;另一方面提供一种安全的、可向下连接到车间设备层的网络,应用柔性、可重构的体系结构,建立支持分布式制造的数字化网络化装备和制造系统,实现生产过程的可预测、可调整以及制造过程的信息透明化。网络化制造帮助实现制造数据的有效管理,支持制造过程的追溯和优化。

3 基于网络的航空产品服务

基于网络的航空产品服务是指

航空产品在使用、维护、维修过程中,基于与设计、制造相同的网络信息平台进行的过程监控、数据采集、健康管理、视情维修等行为。航空产品服务网络是跨越空地的一体化网络,要求网络服务的安全性、数据采集手段

的多样性等,需要建立航空产品故障和维护维修的数据库,构建支持多专业协同的远程诊断系统,需要有强大的专家系统做支持,同时需要有针对性航空产品的专业化运行数据采集分析手段。

国外航空制造业基于网络的设计/制造/服务一体化发展现状、趋势及相关关键技术

当前,制造业正在朝着全球化、精益化、协同化、服务化、绿色化、智能化的方向发展,世界各国高度重视将信息技术应用于制造业。2011年以来,美国政府提出“先进制造业伙伴计划(AMP)”,希望将其在信息技术的领先优势转移到制造业,重振制造业实体经济,从而保持在全球的领导与霸权地位。在奥巴马总统的倡议下,美国相继成立了“国家制造创新网络”、“国家增材制造创新研究院”、“国家数字化制造与设计创新研究院”等国家级研究机构,并取得阶段性成果。德国于2013年4月发布了“工业4.0”战略,认为新一轮工业革命的核心是基于互联网的智能制造,由此将带来制造业从大规模生产到定制化柔性生产的变革,将建立一

个高度灵活的个性化和数字化的产品与服务的生产模式,并产生各种新的活动领域和合作模式,改变创造新价值的过程,重组产业链分工,实现“通过价值网络实现横向集成、工程端到端数字集成横跨整个价值链、垂直集成和网络化的制造系统”的基本特征。

在航空制造领域,国外制造商开展了多样的探索,航空制造业也正在向服务型制造业转型,并在转型过程中逐步发展了基于网络的设计/制造/服务一体化技术。

1 飞机制造商通过网络平台改变飞机的研制和维修模式

传统的飞机制造模式是由飞机制造商负责全部飞机的设计工作,然后将飞机产品的各零部件设计信息分发给供应商实施制造,飞机制造商监管所有产品的研制进度和质量,最后负责飞机的对接总装和试飞交付。

以波音公司为例,在波音787的研制中,波音公司基于网络和数字化技术,建立了全球协同网络环境(GCE)平台,改变了飞机的研制模式,实现了异地、异构、全时的协同研制。

在GCE平台下,波音公司将协同模式由原来的基于IPT的集中式协同,发展成为基于网络的分布式协同,即产品设计协同团队IPT不用再集中到一地,而是分布在世界各地,通过网络进行协同设计,交换产品的相关设计信息。波音公司本身的研制工作重心也发生了重大转变,仅负责飞机的总体设计,把工作量极其繁重的零部件详细设计工作和制造工作全部交给零部件供应商进行,波音公司通过一个计算机模型进行虚拟装配,利用每个部件的生产数据进行部件的组装和校验工作。组装完成的各机体被运送至波音公司的总装工厂,进行最后的大部件对接和总装工作。

在使用维护上,波音还开发了行

业领先的飞机健康管理(AHM)系统,并已在全世界53家航空公司的近2000架飞机上安装,该系统能够在飞行中实时监视飞机系统与零部件,并且采用远程交互的方式检测和排除故障。

与此相对应,空客公司也开发了飞机维修分析(Airman)系统,可对飞机的最佳状态进行持续监控,并把监控到的故障或者警告信息传送到地面控制站,而且该系统还提供维修文件的快速访问以及优选的排故步骤。随着新一代飞机的系统生成更多的数据,空客公司新推出了实时健康监控系统(AiRTHM),能够为实时排除故障提供支持,指导备件供应并且监测系统健康状况,以达到预测故障的目的。未来空客A380的飞行小时服务(FHS)客户将采用该系统支持A380的运营^[2]。空客还利用飞机通信寻址系统(ACARS)对远程数据进行实时采集和分析,以期实现运行数据向设计和制造过程的反馈。

2 航空发动机制造商通过发动机状态监控系统实现“高附加值制造”

发动机的高可靠性是以高昂的研发成本作为代价的,因此仅靠销售发动机来收回研发成本几乎是不可能的,而发动机的维修成本约占整个飞机维修支出的40%,如此巨大的市场份额成为发动机制造商发力维修市场的动力。为此,发动机制造商逐步选择了在出售发动机的同时出售维修维护的策略,以获取来自产品下游链的收益,并把竞争对手排除在外。罗·罗公司推行的全面呵护(Total Care)计划,覆盖了航空发动机的制造与使用全过程,利用覆盖全球的网络技术,全程实时监控处于飞行状态飞机的发动机状态,并实时接收发动机的飞行数据,以进行健康诊断,实现视情维修。罗·罗公司基于此创建了出售发动机飞行小时的新型商业模式,改变了发动机生产和出售的传统商业模式,实现了从发动机制造

商向发动机制造服务商的成功转型,而用户也从传统的“买产品”发展为“买服务”。

3 GE发展工业互联网 增强决策者的实时判断和处理能力

GE提出工业互联网的概念,强调将工业革命的成果及其带来的机器、机组和物理网络,与互联网的成果——智能设备、智能网络和智能决策融合到一起,形成“工业互联网”。

工业互联网是数据流、硬件、软件和智能的交互。工业互联网中的各种数据形成一个环路,由智能设备和网络收集的数据存储之后,利用大数据分析工具进行数据分析和可视化,由此产生的“智能信息”可以由决策者必要时进行实时判断处理,或者成为大范围工业系统中工业资产优化战略决策过程的一部分^[3]。

4 基于网络的设计/制造/服务一体化发展趋势及关键技术

从上述国外实例中可以看出,航空产品设计/制造/服务一体化的发展趋势可归结为多专业并行协同的产品设计,基于分布式实时网络环境的数字化、自动化和智能化制造以及实时在线的运行监控与故障诊断,并将运行状态反馈到制造和设计过程中,实现产品设计和制造的优化。

基于网络的设计/制造/服务一体化涉及的主要关键技术包括:支撑企业开展全球化业务协作的企业集成与协同技术,融合设计/制造和服务、提高产业附加值的制造服务技术,云制造技术,以RFID、嵌入式系统、无线传感网等为核心的制造物联网技术,以及大数据分析技术、微机电系统(MEMS)传感技术、增材制造技术等。

上述关键技术尤其是微机电系统(MEMS)传感技术的发展及其在航空产品中的应用,使得将传感系统布局与产品结构设计相结合成为可能,为实现产品全生命周期健康管理奠

定了技术基础。

国内航空制造业基于网络的设计/制造/服务一体化发展现状及差距分析

党的十八大明确提出要推动信息化和工业化深度融合,推动战略性新兴产业、先进制造业健康发展,加快传统产业转型升级,发展壮大现代服务业,建立现代产业新体系。信息化和工业化的深度融合将成为促进航空制造业发展的强劲动力。

近年来,作为我国航空工业的主导力量,中航工业在新型飞机的研制过程中,通过持续推进数字化应用系统和设计制造体系建设,应用并行协同的研制模式和基于网络的异地多厂所协同工作平台,采用基于全三维模型的数字化设计制造技术,成功地将新型航空产品的研制周期缩短了近50%,制造周期压缩到15个月左右,在数字化技术研究和型号工程应用方面均达到了较高水平,成为国内数字化网络化设计/制造应用的成功典范。

航空产品各研制单位通过协同研制平台,以IPT的组织形式、基于成熟度控制方法开展并行协同研制。在产品数字化定义的同时,并行开展可制造性分析和工艺、工装设计,提前进行生产准备;以产品构型为基础,进行模块化的、面向装配和制造的在线并行产品定义,逻辑上建立集成产品、工艺、工装、检验数据的产品单一数据源;通过产品数据的管理和交换,确保分布在不同地区的研制单位按照统一的流程和规范组织设计和制造。

在数字化设计方面,基于MBD技术的全三维设计、多专业并行协同设计、面向制造的设计等先进数字化设计方法得到了较深入、综合的应用;开始应用模块化设计、关联设计方法,实现了按架次的数字样机构型管理和技术状态控制;通过数字化

技术的应用业务流程不断优化,加速了设计迭代过程,设计质量大幅提高。

在数字化制造方面,以MBD模型作为制造的唯一依据,使制造模式由二维向三维的方式转变,数字化工艺/工装设计与仿真、数字化制造、数字化检测及数字化管理技术得到广泛应用,实现了协同研制平台、生产组织管理、底层制造执行之间的信息集成,有效提高了航空产品的研制效率和质量,研制能力进一步提升。

与发达国家相比,国内航空制造业在基于网络的设计制造服务及其一体化方面还存在着较大的差距,具体表现在以下3个方面。

1 尚未建立起全网资源共享的协同工作平台

在航空产品研制中虽然建立了基于网络的异地多厂所协同工作平台,支持研制过程中的协同工作、数据发放接收、问题协调,但目前的协同平台只覆盖主机厂所,尚未扩展到所有参研单位和成品供应商。各研制单位分别建立自己的设计、制造、试验、材料等数据库,没有形成统一的组织架构和标准规范,无法在全网实现资源的共享。

2 尚未形成设计与制造深度融合的网络制造环境

全三维研制模式的形成导致制造数据信息量剧增,对制造部门的信息化水平和制造能力提出了更高的要求,而目前下游的制造企业基于三维模型的制造技术体系尚未完全建立起来,基于三维模型的直接制造技术尚处于探索阶段。虽然已经具备了支持网络化透明化生产的数字化装备和网络基础设施并打通了技术路线,但实际应用还相对滞后,还没有形成设计与制造深度融合的同一网络制造环境。

3 尚未形成从服务到设计、制造的畅通回路

在飞机维护维修阶段虽然已经

实现了单架次的飞机实物交付技术状态和服务维修数据管理,航空产品使用过程中监控记录的重点内容是产品的状态信息,健康管理手段还不够完善。由于网络的限制,产品使用过程中的监测数据还不能完整地反馈到设计和制造单位进行分析处理,难以实现对设计和制造的改进。

基于网络的航空设计/制造/服务一体化发展对策

数字化、网络化、智能化已成为我国制造业升级的重要途径,数字化是前提,网络化是基础,智能化是方向。“基于网络的设计/制造/服务一体化”是工业化与信息化高度融合的一种集中体现。

总体上看,航空产品的研制将朝着数字化、网络化、智能化的方向发展,航空制造业也将全面向服务型制造业转型,因此,我国航空制造业应加快基于网络的产品设计/制造/服务一体化技术研究,突破相关关键技术,将航空产品全生命周期的各环节有机联系起来,形成设计/制造/服务的一体化平台,全面优化航空产品研制和服务流程,形成新的发展模式,促进服务型制造业的转型升级。

1 构建设计制造全面融合的网络化研制环境

建立仿真计算资源共享平台,最大限度地利用现有人力、数据和计算资源,进一步提高仿真分析能力,进而提高设计质量。

利用嵌入到硬件、工具和设备中的传感器,构建高度自适应的网络化制造环境,提供三维设计系统、工艺设计系统与制造执行系统的接口,构建三维的特征化工艺模型和环境模型,实现从工程设计到生产或供应商的无缝连接,实现产品流程、工艺流程与制造过程信息流的集成。

整合现有制造资源和能力,解决制造规范不统一、技术储备、设备能力不均衡的问题,建立面向服务的制

造模式,实现资源的优化配置,形成快速响应的动态制造联盟。

2 延伸网络推动产品全寿命健康管理和产品改进优化

借鉴发达国家的经验,将网络延伸到航空产品维修与服务领域,实现产品生命周期单一数据源,即产品设计模型、制造数据、维修服务数据的集成与共享,发展基于模型的航空产品维修与服务技术;探索支持产品运行数据实时采集和在线监控的航空产品设计制造技术,以及支持航空产品运行数据实时采集的空地网络平台技术,实现航空产品的实时在线运行监控,实现对运行状态和性能数据的管理和挖掘,基于网络实现航空产品的全寿命健康管理,使定期维修升级为视情维修,提高飞行安全系数,促进维修体制的转变。

通过网络收集产品在整个运行期间内性能参数的海量数据,并通过大数据分析技术对产品进行改进和性能优化,实现产品设计和制造过程的大闭环。

结束语

网络和大数据等技术的发展使得在全球范围实现及时的数据传输与分析以及资源共享等普适服务成为可能,异地协同研制平台可更有效地配置资源,实现知识和能力的共享,快速满足用户定制的需求。基于网络的航空产品设计/制造/服务一体化将带来设计制造服务理念的重大突破,并带来商业模式的重大改变,是我国航空制造业向数字化、网络化、智能化发展的必由之路。

参考文献

- [1] 张新国.新一轮工业革命与中国航空工业的发展.中国航空报,2014,1-18(A02).
- [2] Henry C. 预测性维修.航空维修与工程,2013,3:30.
- [3] 工业和信息化部国际经济技术合作中心.工业互联网:突破智慧和机器的界限,2012,11:6,13.

(责编 亿霖)