

# 中国航空工业信息化创新之路： 探索中起步，整体性推进， 国际化发展

——访中航工业综合技术研究所副总工程师宁振波

Innovation Road of Chinese Aviation Industry Informatization: Start in Exploration, Advance With Entirety, Development to Internationalization

本刊记者 小城



宁振波

研究员，中航工业综合技术研究所副总工程师，金航数码科技有限责任公司副总经理。毕业于西北工业大学，1982~2010年就职于第一飞机设计研究院，历任研究室、科技部、计划部副主任、主任、书记等职务。

改革开放以来，中国航空工业信息化从无到有，经历了30多年的发展，已形成统筹规划、体系化、规范化发展的态势，信息化能力已经成为航空企业核心能力的关键要素。以

[编者按] 自2008年中国航空工业重组整合后，金航数码作为中航工业信息化专业支撑团队，不辱肩负的推进产业信息化的重要使命，助力中航工业在信息化达标、流程梳理、标准实施、模型建立、体系搭建、生产线布局等方面取得重大进步。那么，中国航空工业信息化经历了怎样的发展历程？“十二五”及未来，中航工业信息化又有怎样更进一步的发展？在这个过程中，金航数码起到了怎样的作用？带着这些问题本刊记者采访了中航工业综合技术研究所副总工程师、金航数码科技有限责任公司副总经理宁振波研究员。

MBD、数字样机为代表的产品数字化定义技术加快了产品研发进程，数字化研制体系正在逐步形成。着眼未来，航空工业信息化将从MBD走向MBE（基于模型的企业），整个企业和供应链都将采用全3D模型，实现基于模型的定义、基于模型的制造、基于模型的支持和基于模型的环境。

## 信息化应用在探索中起步

1979年，航空计算所引进国内

第一台带有图形终端和工程打印机的西门子7760计算机；1984年，中德航空联合团队开发的CADMAS系统首开中国CAD的先河；1986年中国“十大科技成果”之首花落航空工业，以陈一坚院士为首的26家单位研制的“7760CAD/CAM系统”折桂。从此，中国航空工业从“七五”规划的CIM系统、“八五”的“无纸设计”、“九五”的异地协同、“十五”的“飞机制造业数字化工程”、“十一五”的“飞

机制造业数字化工程二期”和“航空工业多项目协同管理平台”立项,到“十二五”“航空工业多项目协同管理平台”的实施,中国航空工业在探索中不断完善,走出了一条正确的信息化发展道路。

### 统筹规划,整体推进中提高

中航工业的信息化进程无疑是中国航空工业发展的代表和缩影。在笔者看来,自2008年中国航空工业重组整合后,中航工业信息化在集团公司副总经理、CIO张新国的领导下,集团科技和信息化部统筹规划,在信息化达标测评、流程梳理、标准实施与宣贯、模型建立、体系搭建、生产线布局等方面均取得了重大进步,其核心思想可以概括为“抓达标、梳流程、贯标准、建模型、筑体系、优布局”。

#### 1 形成评价体系,信息化达标测评规范化

为加快集团公司新型工业模式的转型升级,引导聚焦信息化核心价值,集团公司发布了《中国航空工业集团公司信息化水平评价管理办法》,成立了信息化水平评价工作领导小组和信息化水平测评中心,从2010年开始,通过3年的实践积累和总结完善,信息化达标工作已形成一套完整、规范的工作体系。

信息化水平评价指标体系成为中航工业各单位信息化达标工作的标尺。参照国资委和工信部的评价指标体系,结合各单位信息化发展变化的实际情况,集团公司组织制定了《中国航空工业集团公司信息化水平评价指标体系》,按照专业类别,分为设计、制造、设计与制造、基础研究、试验鉴定、维修、服务等7大类,并结合实际细化评价指标体系,逐年持续完善。2011年度指标体系已包括6个一级指标、20个二级指标、46个三级指标和数百个计分采集项。指标体系引领了信息化发展的方向和水

平提升的路径,形成了集团公司信息化工作的方法论。

3年来,中航工业对所有初次达标单位和部分晋级单位共进行109次现场审核,作为中航工业信息化水平测评中心的支撑单位,金航数码参与组织,集团公司信息化专家出席336人次,为单位信息化工作提出数百个亮点和改进建议,形成年度《集团公司信息化达标总结报告》和相应的《单位信息化水平评价报告》,为集团公司信息化成功经验的提炼总结和快速推广打下了良好基础。目前,集团公司信息化达标的参评单

经理在《管理变革中的流程主导性及其协同管理研究》中,通过对6 $\sigma$ 、CMMI、TQM、精益管理等现代科学管理方法、体系的深入剖析,得出这些管理方法中贯穿始终的流程特性。这也说明,流程是企业一切管理、技术活动的载体,只有基于流程对管理方法整合、对关联的应用系统整合才能带来更为全面系统的能力提高。

对于推进流程管理的企业来说,流程就是企业管理推进、信息化推进的核心(图1),通过流程管理可使企业运行模式、信息化体系得以整体考虑,整体提升。

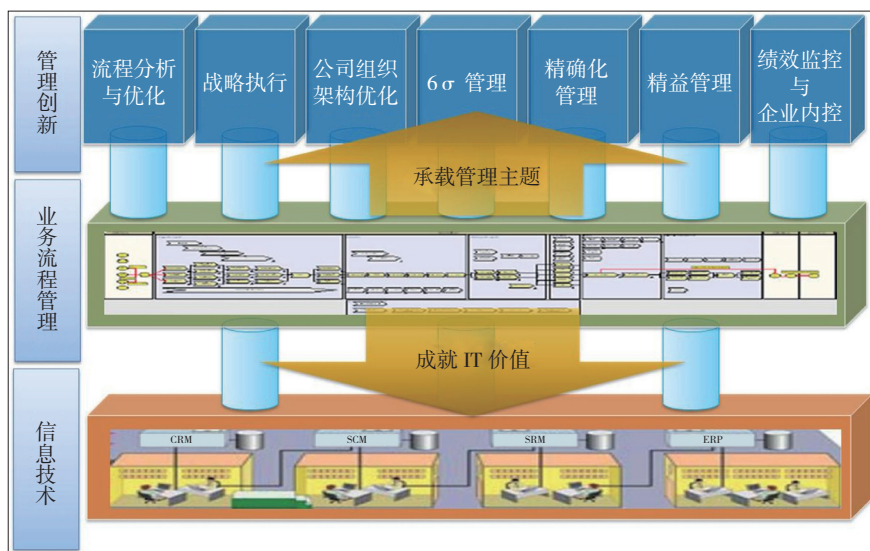


图1 流程管理在企业中的核心定位

位每年约140家,2012年已有87家单位达标,达标率为64.9%。从2011年开始,集团公司已将信息化达标率纳入直属单位业绩考核体系。

#### 2 强调流程体系的建立与梳理,企业价值创造力全面提升

20世纪50年代泰勒开创了科学管理学以来,业务流程管理(Business Process Management, BPM)经历了从泰勒、福特等在局部流程改进方面所应用的管理方法与工具,到以流程的彻底性反思与革命性再造为特点的BPR,再到以流程持续改进和IT应用为特性的业务流程管理3次浪潮。中航工业张新国副总

业务流程自动化是业务流程管理的重要组成部分,使业务流程由管理层向执行层纵深发展,其关注点不在于处理业务数据,而在于贯通业务流程、规范业务流程的执行,并对其执行过程中的效率、质量、成本、风险等业务管控要素进行有效监控,进而为决策层提供定量分析数据,辅助其进行业务流程优化决策。尽管经过多年的PDM、CAPP、ERP、MES、OA等IT系统建设,企业的业务流程基本实现自动化,但国内外信息化建设实践证明,“孤岛现象”、“重业务数据,轻业务过程”等问题依然存在,导致业务执行过程手工和系统串行

甚至并行的现象大量存在,同时系统存储的数据难以对管理层和决策层形成有效支撑。针对存在问题,进行业务流程梳理、建设业务流程体系成为中航工业信息化纵深推进的重点。

在推进中航工业信息化过程中,作为中航工业信息化专业支撑团队的金航数码十分重视企业业务流程的梳理,重点以业务流程为导向协同各种管理要素,整合各种信息化资源,帮助企业实现流程的不断优化(图2),提高企业的经营绩效、执行力

综合管理系统、市场营销系统)等重点任务建设,跨越多厂所,覆盖多型号,涉及集团公司多领域的业务拓展和产业整合。加快信息化标准体系建设,不仅利于保证信息化基础设施的建设水平和质量,还可促进多厂所之间应用系统的集成和数据共享。

中航工业信息化标准体系框架及主要内容包括信息化基础标准、信息技术标准(IT标准)、信息技术应用标准(IT应用标准)、信息化管理标准等。信息化标准体系建设使过

在此过程中,数字化产品定义也由原来的机械CAD逐渐发展到包括机、电、光、磁、声、流体、热等专业在内的三维产品数字化模型,通过对航空产品的所有特性、全寿命周期的各个环节进行建模仿真,将设计、分析、工艺、制造、综合保障等环节的信息加入到三维产品数字化模型中,改变了制造依据分散在工艺文件中、难以从整体上进行综合设计迭代和优化的问题,实现了产品设计、工艺、检测、维护等信息的高度集成,这种涵盖全寿命周期、精密准确、跨专业、跨流程的三维产品模型,保证了产品的单一数据源,使产品信息的完整性、规范性和可用性大大提高,并实现一个模型可供多个专业、产品各流程统一使用。

精准的航空产品数字化模型的建立是一个循序渐进的过程,国外航空企业,如波音也是在波音777等产品的研制过程中逐步推进完善的;目前国内航空工业的产品数字化模型工作正在推进过程中,包括机加/钣金/管路等在内的机械、弱电、光学、流体和热分析模型等方面均进展良好,随着航空工业的整体数字化环境、集成与协同的发展,产品数字化模型定会迎来整体快速发展的新阶段。

### 5 全面部署,构筑航空产品数字化研发体系

研发工具和体系发展是支撑武器装备发展的关键,经过长期的信息化发展及两化融合推进,中国航空工业研发体系已逐步具有数字化和工程化融合的特征,但原有体系还存在着信息孤岛现象较为普遍、数据共享不够、研发过程管理和流程协同不足、自主工业体系不完整、缺乏集成平台的有效支撑等一系列影响产品研发的重要因素。

为解决上述问题,满足航空产品多学科协作、跨地区协同、长周期研制的需要,全面推动航空产品研制方式由传统模式向现代模式转变,

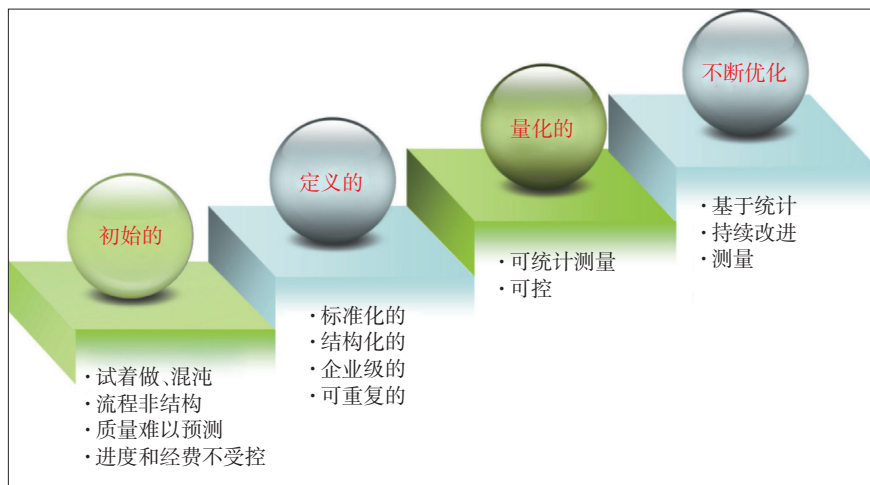


图2 企业业务流程管理的不同阶段

和管理的规范性,促使企业由职能管控为中心向流程管控为中心转变,实现端到端的全价值链的业务流程信息化,提升企业信息化水平和信息化投资回报率,使业务流程成为企业的核心竞争力之一,支持企业战略目标的实现。

### 3 重视标准的完善与宣贯,航空信息化发展体系化

中航工业信息化标准体系是集团公司信息化工作发展的重要支撑体系。根据集团“十二五”信息化规划的要求,集团公司开展了1个平台(网络平台)、2个体系(信息安全体系、信息化标准体系)、3个中心(数据中心、高性能计算中心、公共资源中心)、5个系统(多项目管理系统、协同研制系统、综合保障服务系统、

去无法实现的在线设计、关联设计、基于7级成熟度的多厂所研制协同成为可能。据不完全统计,目前航空工业形成的数字化航标已有上千份,企标超过两千份。

### 4 基于产品全数字化定义,从源头建好精密准确的数字化模型

应该说,是3D CAD产品定义标准化推动了数字化。1997年ASME组成专业委员会,由包括波音、达索、EDS等在内的16家著名企业参加,经过6年工作,制订了数字化产品定义数据通则(ASME Y14.41-2003 Digital product definition data practices),该标准规定了统一的数字化产品的定义方法,推动了产品数字化定义和新的产品制造信息模式的发展。

中航工业以航空数字化集成研发平台建设的启动和全面部署为标志,奏响了构筑面向未来的数字化研发体系的最强音。2012年8月29日,集团公司以视频会的形式召开航空产品集成研发平台建设启动会。会上科技与信息化部魏金钟部长指出,集团公司的信息化建设处于关键阶段,构建航空产品集成研发平台既是航空工业产品发展的迫切需要,也是科技创新的迫切需要,建立满足新一代武器装备研制需求的数字化研发体系刻不容缓。会议部署了航空集成研发平台建设规划和推进计划,指出集团公司将按照“四统一”(统一规划、统一标准、统一实施、统一考评)原则,注重体系,做好顶层规划和整体推进,通过创新建设模式、加强指导和管理、推进人才队伍建设、构建组织保障等一系列举措,大力推进集成研发平台的建设和应用,以建立集成化、流程化、自主化、敏捷化的航空产品数字化集成研发平台,夯实数字化建设和运行基础,构建面向未来的安全、创新的新型航空产品研发体系。科技与信息化部副部长刘增进表示,中航工业下一步将从统一规划、专家队伍建设、技术研究和关键技术攻关、做好重点工作安排等4个方面重点推进航空产品数字化研发平台工作;集团公司科技与信息化部将会同业内专家和金航数码公司共同按照集团公司“十二五”规划,落实信息化规划,完善航空产品数字化研发体系,全力做好体系建设和应用工作。

说到航空产品数字化集成研发平台,不能不说工程软件和工程中间件。航空产品数字化集成研发平台以“工程中间件”为核心理念,使各异构系统关联和融合,同时又可使业务应用与工程系统解耦,可谓工程软件的“操作系统”。工程软件对工业体系的质量和层次具有非常重要的影响,是工业信息化的核心内容,主

要解决工业领域研发、设计、工艺、试验、制造、生产、运行、控制、保障等过程中的物理层面问题。在企业应用中,工程应用软件可以分为3类:一是CAD、CAE、CAM、CAPP等工程工具类;二是解决系统工程问题的PDM、SDM、TDM、ERP、CRM、SCM、MRO、嵌入式软件等工程管理软件类;三为平台类。前两类已大规模应用,在此重点讨论第3类。

从企业的角度看,由于缺乏统一标准,以及各厂商之间的技术壁垒和控制,长期以来企业中研发、制造、生产、服务等各个环节的工程软件处于

可以通过其中性模型实现交互,而无须在各种工程软件之间进行点对点连接。由于工程中间件对各种工程软件保持中立,因此可以实现异构工程软件的全面兼容,另外,中性模型之间的关联实现了异构系统内容之间的关联和相容,这突破了传统系统集成技术的局限性。工程中间件在工程软件行业的地位及行业模式正如Windows操作系统之于PC,它提供了各种异构系统的统一平台和标准,各工业软件厂商可以兼容并存(图3),而用户则可在工程中间件之上开发自主业务系统。

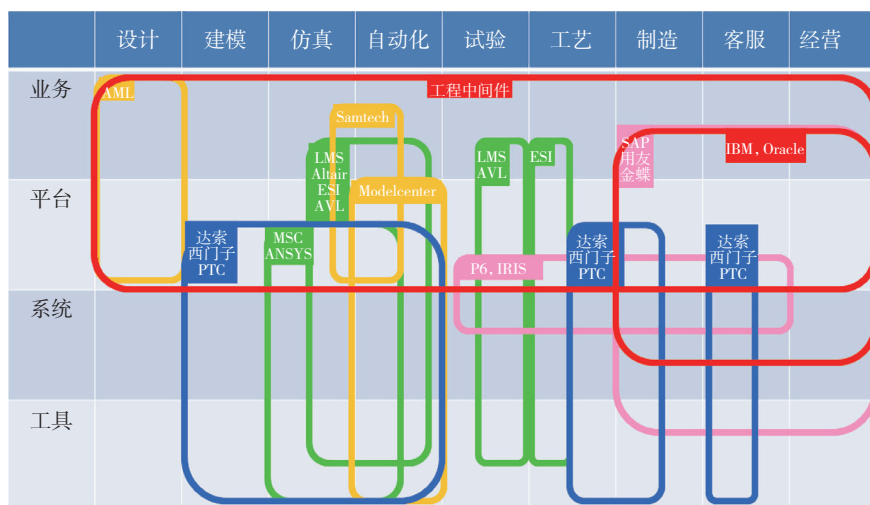


图3 工程中间件的业务定位

多种来源、相互分立、互不开放的格局,造成企业工程软件体系混乱、复杂,业务流程不畅通,应用门槛高等一系列问题。针对这些问题,多年来业内均是通过接口方式,在各种工程软件之间进行数据交换,从而实现系统集成。然而随着企业信息化越来越复杂,涉及的工程软件越来越多,这种模式越来越不可持续,原因是接口和系统集成的开发和维护难度越来越大,系统的复杂度和稳定性很难保证。

通过统一的业务逻辑模型,工程中间件可以建立工程软件对应的中性模型并在两者之间保持同步,这样,各种工程软件之间的交互过程就

在商业软件领域和管理信息化领域,中间件已经是成熟技术、成熟产业。而在工程软件领域,由于涉及大量的三维模型、分析模型、仿真模型、半物理模型、试验模型等信息量大结构复杂的数据,而且数据关联关系十分复杂,起源于管理信息化领域的中间件理论和技术无法适用,因此一直以来中间件思想未能在工程软件领域得以应用。反观中国工业领域的信息化,由于起步晚,实际上是跳过了工程软件的研究开发阶段,直接进入应用阶段,而又由于信息化发展历程短,各类工程软件扎堆在企业中落户和集中应用,系统整合的矛盾和困难非常突出,建立自主业务系统的需求也非常

迫切。因此,工程中间件恰恰成为最适合中国工程软件行业当前特点和需求的技术方向和产业模式。

纵观计算机产业的发展历史,操作系统使用户摆脱了硬件的技术细节;网络中间件使用户摆脱了网络的技术细节;同样,在工程软件领域,工程中间件作为工程软件的“操作系统”,使开发人员和用户摆脱了通用工程软件的技术细节,面向工程的自主业务系统将得到解放,从而推动工程软件行业的变革和飞跃。

在过去的几年中,工程中间件在中航工业沈阳飞机设计研究所、第一飞机设计研究院、成都飞机设计研究所、西飞等多个飞机厂所通过多期工程实施,中国商飞上海飞机设计研究院也进行了大规模应用探索。随着中航工业在成员单位全面实施航空产品集成研发平台的建设规划和推进计划的启动,在集团公司指导下,金航数码与索为公司开展战略合作,致力于建立集成化、流程化、自主化、敏捷化的航空产品数字化集成研发平台。相信在航空人的共同努力下,中航工业面向未来的航空产品数字化研发体系将会逐步完善,集成研发环境将使航空产品研发实现完全的数据集成共享,从而提高产品研发的创新力度,提升研发效率。

## 6 以总装拉动数字化生产线建设,优化工厂布局

这里的工厂布局特指现代制造技术体系下以数字化工厂为目标的工厂内部生产线的布局建设。在飞机的各个研制阶段,装配工作量占总制造工作量的60%~70%,个人认为以飞机总装、总调为核心、基于精益思想的拉式生产线建设是现行数字化工厂的重点。精益思想包含5个原则:精确定义特定产品的价值、识别产品的价值流、使价值不断流动、让客户从生产者方面拉动价值、永远追求尽善尽美。其核心是强调价值的流动;而精益生产的内涵就是消

除一切不增值的活动,特别是要杜绝各种浪费现象。

与传统“以资产为核心”的先从设备、工装开始,最后再考虑工序流动的布局方式截然相反,精益布局的目标是为了使作业流程中的浪费和过载最小化,同时增强现场的目视沟通。通过分析产品生产过程中的价值流活动,使现场的设备、仓库等围绕产品的生产过程来进行布局,减少转移、搬运等大量不产生价值的活动。在汽车等产品稳定、批量大的行业,按照产品的生产价值活动来进行现场布局早已经非常成熟,实现起来也比较简单。但在航空企业中,由于产品种类多、工序复杂,工人重复作业少而不能采用刚性的流水线生产,很难完全来根据产品或者零件的价值流来布局现场设备。

为解决此问题,比较成熟的做法是采用成组技术,单元生产或柔性制造系统的工厂布局。它将零件分类,组成形状或加工过程相似的“零件族”,用可满足组内所有零件加工的柔性化的“设备组”和近于标准的相似工艺进行加工。

在飞机装配环节,2001年,波音通过深入论证后认为,飞机的总生产量只要达到30架以上,就有必要建立移动式生产线。我们航空工业的多位专家的论证结果也证明了这一点。目前,国内有多家航空企业已采用脉动装配生产线。中航工业昌飞自2010年采用拉式脉动节拍生产线,直升机生产效率提高5~6倍;2012年7月,由金航数码承建的中航工业西飞总装脉动生产线验收,飞机总装周期可由原来的60天缩短为45天(工作日),生产周期缩短30%左右,可实现飞机总装均衡连续生产。

## 未来发展: 从MBD到MBE

数字制造是从产品数据源头开

始的变革,涉及企业所有和产品数据有关的流程,改变了使用产品数据的所有人员、部门的工作方式。从未来发展看,航空工业的信息化将从MBD发展到MBE。MBE是一种制造实体,它采用建模与仿真技术对设计、制造、产品支持的全部技术和业务流程进行彻底的改进、无缝的集成以及战略的管理;利用产品和过程模型来定义、执行、控制和管理企业的全部过程;并采用科学的模拟与分析工具,在产品生命周期的每一步做出最佳决策,从根本上减少产品创新、开发、制造和支持的时间和成本。MBE是数字制造中的一个宏大的综合概念,具有目标清晰、可操作、能带动航空企业全线产品发展的特点。

MBE的大体组成包括基于模型的定义(Model Based Definition, MBD)、基于模型的制造(Model Based Manufacturing, MBM)、基于模型的支持(Model Based Sustainment, MBS)和基于模型的环境(Model Based Environment, MBe)。其中,MBD是其核心和数据源头、MBM是重要过程、MBS是获得效益最高的环节、MBe是支持其运行的基础结构。MBE使企业更关注产品数据源头如何生成、产品数据如何传递、产品数据如何应用,尽管不同MBE的内容和深度有所不同,无论是基于产品模型(单一模型)的企业、还是基于多模型的企业,MBE的进展代表了数字化制造的未来,正影响着整个产品生命周期发生革命性变化。

## 结束语

中国的航空工业经过多年的探索和发展,现已形成比较成熟的信息化体系,信息技术已成为航空行业产品研发和整体运营管理水平全面提升不可或缺的手段。未来,国内航空制造业将加快国际化发展的步伐,通过MBD,走向MBE。

(责编 深蓝)