

航空产品多厂所协同研制平台*

Multi-Enterprise Collaboration Development Platform for Aviation Product

金航数码科技有限责任公司 陶 剑



陶 剑

工学博士,金航数码科技有限责任公司副总工程师,主要从事航空产品工程信息化、全生命周期数字化协同研制及管理技术的研究。

全球经济一体化的不断加快和信息技术的飞速发展要求企业对客户需求变化更能及时做出反应,使得航空制造业竞争重点转移到以业务过程为中心的研制过程、组织结构和运营机制上来,产品开发也从单一厂所向多厂所、跨地域的协同研制模式转变,因此必须建立集网络通信、信息处理和系统集成于一体的协同研制平台来支持协同研制所面临的业

* 中国航空工业集团公司创新基金项目(2010S30140)资助。

协同研制平台的构建是集数字化、信息化和网络化等先进技术和方法于一体的复杂系统工程。通过对协同研制平台的构成分析,阐述构建协同平台的主要思路和关键技术,为实现我国航空产品协同研制提供了一种很好的解决途径,但在实际应用中仍然存在许多问题。因此,还需要继续进行深入研究,最终建立起适合我国航空工业特点的多厂所协同研制平台。

务过程动态多变、海量信息交互和协同关系管理等问题,即:以航空产品的业务过程为核心,以信息技术为基础,把在产品研制过程中涉及的、必要的功能和异构时空的功能实体/应用系统有效集成起来,运用网络通信、数字化工具、信息化系统等先进技术,促进多厂所/跨地域之间业务流程、数据信息的通畅和可控,提高航空产品协同研制的效率、灵活性和应变能力。

协同研制平台

市场的竞争日趋激烈,迫使航空制造企业必须从研制过程集成的全局和整体优化的角度,依据协同研制的先进理念,采用动态的组织结构,发挥合作企业的优势技术,协同开发航空产品。

1 协同研制平台的演变

多厂所、跨地域的大规模协同开发必然要求建立一个能够保证业务流、信息流通畅,各合作企业像整体一样协同工作的平台与之配套。如表1所示协同平台的内涵是不断变化的。从空间看,从单一企业的部门间发展到企业间的协同;从时间看,由仅考虑研制某个阶段,发展到全生命周期的管理;从集成看,由信息集成、局部集成发展到全生命周期的过程集成;从技术看,为合作各企业的系统集成提供了有效工具。

2 协同研制平台的构成

协同研制是企业通过纵横交错的业务活动节点、密集的多边联系和交互式的合作来共同完成任务。对于这样一种地域广、关系松散的研制模式,建立一个协同研制平台,从整体上将与业务过程相关的各种信息、资源进行最优配置是必然的选择。

表 1 协同平台的发展趋势

指标	发展趋势		
空间	部门内	企业内部部门间	跨地域的企业间
时间	研制过程的不同阶段	产品研制某个过程	研制全生命周期
集成	信息	信息、阶段过程	过程
技术	LAN、CAD/CAPP	Internet、ERP/PDM	PLM、知识工程

图 1 为结合某项目,从全生命周期的过程集成、协同环境和协同关系 3 方面出发,建立的数字化协同研制平台的三维体系框架。

从过程集成看,将过程的分析、建模、控制等集成在内,对研制过程中每个阶段的规则、角色和关键指标进行管控,并将它们作为整体封装起来,提供相应过程集成模块和重用机制,提高研制过程的一致性和效率。

从协同环境看,在 PDM/PLM 中构建相关数据信息的共享与交互区,应用数据集成技术支持研制过程涉及信息在合作企业间的及时反馈,从而达到消除冗余、提高效率的目的。

从协同关系看,可根据合作企业共同的战略利益,建立适合协同模式

的研发团队,并使用统一编码和数据安全等标准化技术,来解决合作企业间业务复杂关系协调的问题。

核心——过程集成

随着先进制造理念以及新技术的应用,以过程集成为核心的数字化协同研制成为航空产品研制的主流。即运用信息和网络技术实现研制过程相关人员、信息和系统的无缝集成,主要包括过程的分析、建模和控制管理 3 方面。

1 协同研制过程分析

核心的战略思想为基于信息链的业务过程。业务过程是企业一切活动的核心,是产品价值链中最有直接增值特性的活动。信息链通过规

范的处理机制来联结业务节点间的纽带,将业务和组织节点连结起来,通过优化信息来整合系统资源和优化研制过程,实现对信息链的管理,才能完成研制信息的全面追踪和管理^[1]。

两个循环的管理模式及航空产品的复杂性决定了应该采用图 2 所示的反复迭代、循环渐进的研制方式,这样才能降低错误,减少大规模返工。

(1)在技术上,整个业务研制过程可作为大循环,即使用相关技术对全生命周期研制业务过程的阶段划分和任务的动态调整进行管理。小循环也是面向全生命周期,如过程管理等,小循环相互间、小循环与大循环间都是交叉嵌套的,以进行各种研制信息和流程的交互,众多小循环协同工作的目标就是保证大循环的一次性达标。

(2)在组织上,核心业务过程可看作大循环,它是合作企业的研制过程(小循环)优化组合的结果。核心企业可以选择最具优势的企业完成相关研制任务,同时,合作企业的业务变更也影响核心的业务过程。大、小循环间和小循环间都是环环相套的,是界定权责、划分任务最终实现协同开发的重要依据。

3 个维度的关联关系涉及到产品全生命周期协同研制业务中的诸多因素。但从全局看,主要有过程阶段划分(生命周期维)、结构分解(产品维)、所处研制状态(过程控制维)3 个关键因素(图 3)。只有综合考虑 3 者关系,才能达到研制业务过程有效集成和资源配置的整体最优。

(1)生命周期维主要定义研制过程中的产品模型内容、任务间的信息联系。

(2)产品维用模块化方法分解航空产品,然后根据结构特征和装配计划,形成零部件和产品,最终建立完整的物料清单。

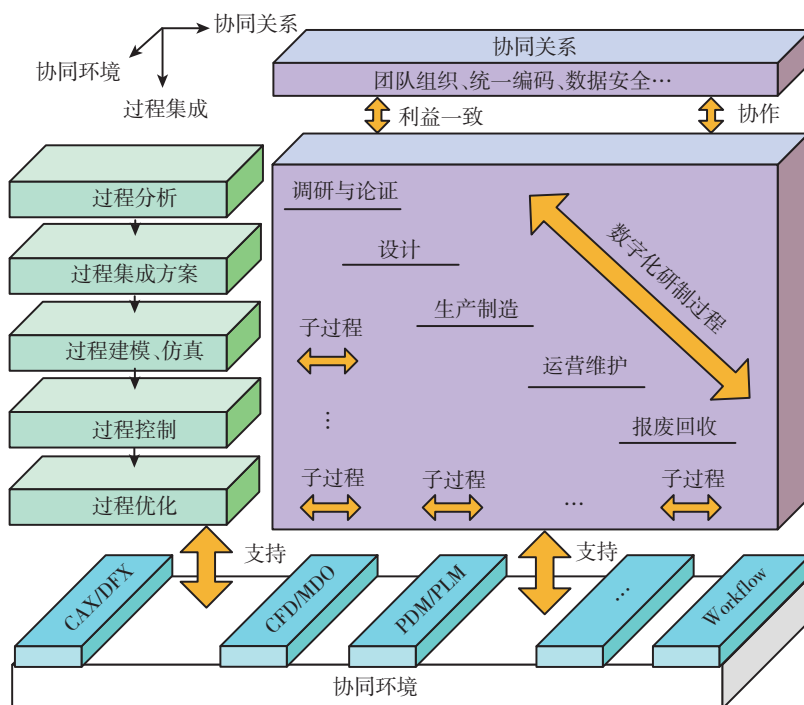
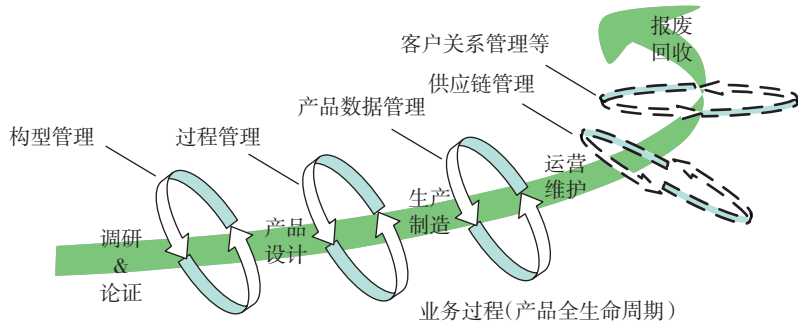
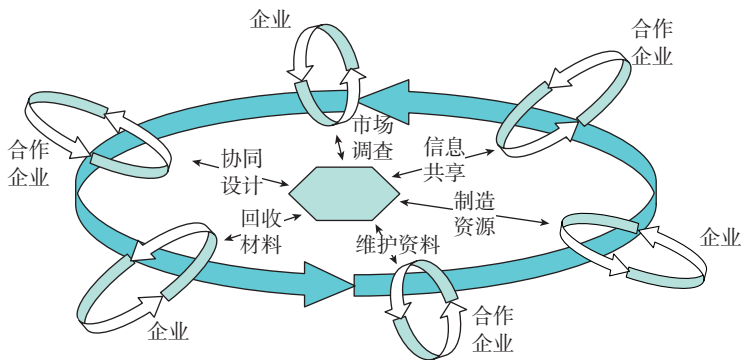


图 1 数字化协同研制的三维体系框架



(a) 技术上的两个循环



(b) 组织上的两个循环

图2 两个循环的管理模式

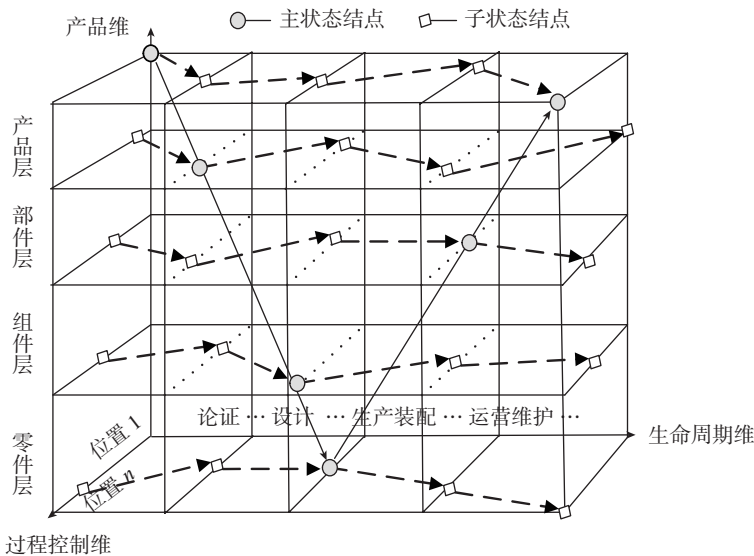


图3 航空产品研制三维关联关系

(3) 过程控制维是在协同研制情况下,对多厂所/跨地域的产品研制进度、过程和信息进行管控。

2 协同研制过程建模

通过对协同研制过程特征的分析,给出过程形式化描述。即将过程建模工具(如 Petri 网^[2])与面向对象

(过程控制项)的技术结合起来,进行产品全生命周期建模,并使用不同视图(功能、组织、信息等)来表示所关注的不同侧重点。通过将各视图共同封装于过程控制项内,解决多视图间的集成问题,保证各视图的交互性和动态可控性,实现业务过程的持续

改进和快速重构。

3 协同研制过程管控

针对协同研制中人员、信息和系统间的交互频繁现状,抓住集协同研制中数据和过程这两个密不可分的关键要素于一身的核心对象——数字化产品模型,运用构型管理和版本控制技术^[3]对数字化产品模型自身的及其研制过程的成熟度状态进行管理和控制,打破设计与制造分离、设计与工艺脱节的局面,实现协同研制全生命周期过程的通畅性、数据的有效性和状态的可追溯性^[4]。

基础——协同环境

协同环境指能支持多厂所/跨地域的信息和资源共享及交互的数字化工作平台。特点如下:(1)多主体,活动由两个或两个以上企业或团队协同完成;(2)协同性,利用网络通信和冲突检测等保证交互信息的一致性;(3)易变性,活动涉及的企业、团队的结构模式都是灵活、动态可变的。

1 信息的集成

现代航空产品的研制是多厂所/跨地域的协同工作,如波音 787 研制涉及全球二十几个国家的 135 个地方的企业,因此,对信息集成提出了更高要求,信息集成模式也由图 4 所示的以操作为中心向以支持产品研制创新为中心转变。即不仅对信息本身,还对动态多变过程集成、智力资产使用和产品协同关系等进行全面管理,具有以下特点。

(1)从“控制结果”到“控制过程”。主要包括对项目计划的优化、控制并行研制的过程、产品协同开发全生命周期中对数据的控制能力等。

(2)从“数据管理”到“知识管理”。建立统一、能共享的基础资源库,知识库实现产品配置、替代和知识重用。

(3)从“信息交换”到“信息分享”^[5]。实现数字化的信息邦联,为

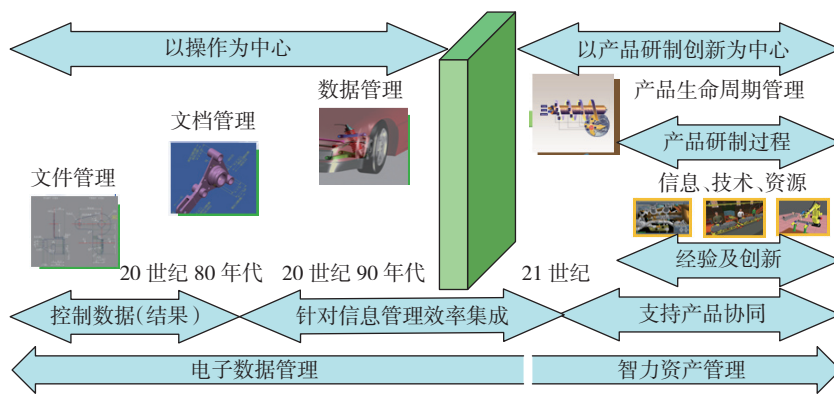


图4 信息集成模式的发展

研制过程中活动单元提供信息服务，以支持并行的协同工作。

2 工程数据中心

协同研制的信息共享要求和商业信息的保密性要求是协同开发的又一矛盾，工程数据中心的建立就是为了实现研制过程中形成的工程、工艺、制造、支持性基础数据以及标准规范如何组织，如何建立逻辑单一产品数据的约束关系，既解决研制所需信息的共享又维护对信息保密性要求的问题。图5是以产品数据交换标准、数据镜像等关键技术为基础，建立的分布式数据中心模型。其中镜像技术指数据库中只保存数据间的逻辑关系以及到各数据源的指针关系，数据仍然保存在各个数据源上，数据中心仅提供虚拟的集成视图和对这个视图的查询处理机制，它适用于多厂所/跨地域协同研制模式下高度自治、集成数量多、且更新变化快的异构数据源的集成，其各级功

能分析如下。

(1) 项目管理中心。对协同研制过程整体性、全局性信息和次一级信息镜像的管理。主要功能有计划制定、跟踪、控制和全局性信息的管理。

(2) 协同领域管理中心。对设计、制造、质量等研制信息和次一级信息镜像的管理，主要功能有对领域信息的一致性和可用性的知识管理。

(3) 各企业内的管理中心，主要管理企业各部门信息，这一级数据中心主要是对本企业/部门所需信息的管理。

保障——协同关系

协同研制平台的建立必须实现协同关系管理的两个基本前提：基础数据和团队管理的标准化。团队管理主要包括人员组建、角色和岗位职责的划分等。基础数据管理主要是对编码和数据安全等信息的规范

化管理。

1 集成开发团队

协同研制在技术上使工程任务更加明确，但在组织上由于合作企业更多，关系协调难度加大。集成产品开发团队(Integrated Product Team, IPT)^[6]就为此而建，IPT既是任务执行者，又是决策者，是协同研制的中心。正确界定IPT人员组成和职责是快速完成产品研制的基本前提和根本保障。下面是依据项目制定的各级IPT。

(1) 项目总师体系，包括总设计师、总工艺师、总信息师、总质量师四大系统。其职责：确定任务和重点项目，协调研制过程中各种关系等。

(2) 系统级IPT，位于项目组织的核心，包括总工程师、动力等系统、质量控制和技术方面的负责人。其职责为进行产品级的数字化定义，初步、关键设计和安全性分析的评审等。

(3) 部件级IPT，在系统级IPT下管理系统各项功能集成。包括决定和实施合适的系统结构、功能接口，确认系统要求和性能特征(包括设计鲁棒性)，保证分系统与系统设计的一致和协调。

(4) 零件级IPT，负责零件的具体研制，成员来自各专业部门，如工程、质量、销售等。其规模和工作内容依据产品工作分解结构而设定。

2 信息编码体系

信息编码是数据和过程集成的基础保障，也是数字化协同研制的基础保障。合作企业必须站在协同的角度来共同分析信息编码的需求和规则，达到信息交互通畅和数据有效集成。信息编码要求两个方向的统一，横向即项目参与者(客户、供应商等)间的划分要统一，利于信息共享和传递；纵向指研制过程各阶段的体系划分要统一，利于全生命周期信息的一致性和可追溯性。

因此，从信息编码必须考虑各合

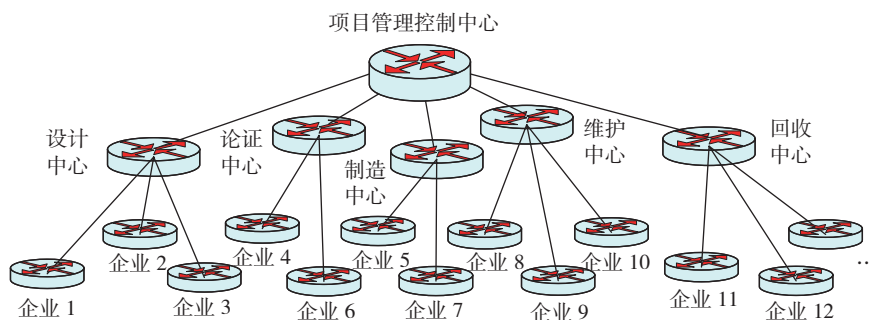


图5 工程数据中心三级结构示意图

作企业现状并兼顾发展,在唯一性、可扩充性思想指导下,结合国际先进航空制造企业的编码思想,将其分为工作分解结构、工程数据集、零件、工装和关键特性等,实现编码体系化。

(1)形式简单化。以最简单、最相似的编码形式来表示多个管理环节及研制过程中信息,实现信息表现形式的一致性。

(2)扩展柔性化。编码在结构和容量上具有一定柔性,为今后发展新增类别留有足够拓展空间。

(3)结构标准化。编码的结构设计充分考虑到国标、航标、企标、军标和国际标准,以提高标准化程度,更好满足协同研制的要求。

(4)实用一致性。要能够兼容协同各企业中不同类别的信息和编码结构,易于被企业接受。

协同平台实例

图6为结合上述技术、方法和当前国内航空制造业现状而构建的、支持航空产品多厂所/跨地域协同研制平台的架构,除前述的工程数据中心外,该协同平台主要包括基础平台、共性技术和协同方式3部分。

1 基础功能

基础功能主要包括支持协同研制的系统集成和业务过程管理的相关内容。

(1)基础图文档管理功能。针对协同研制业务的需求,统一图文档模板的管理规则和ITEM属性映射等内容。

(2)BOM管理。为了保障协同研制过程中信息流(XBOM)的一致和准确,对BOM的属性、有效性和基于BOM的目录进行统一管理。

(3)流程管理。将流程与产品的版本和构型管理结合起来,有助于确定关联关系,评估影响范围,如工程更改流程等。

2 协同方式

协同方式主要包括多厂所并行开展工作所需的团队组织及工作方式等内容。

(1)基于成熟度的协同工艺审查:包括协同工艺审查IPT团队的构建,M1、M2、M33级成熟度的升级、降级标准以及制造方会签等。

(2)协同共享区的管理:包含共享目录结构、数据组织和权限设置,能够区分厂所各自的信息,并对共享

区的数据更新与反馈情况进行查看等。

(3)数据同步:进行同步脚本的开发,设置定时/手动的规则,实现设计所(PDM)、协同平台、制造厂(PDM)之间的数据同步。

(4)即时协同:通过建立协同工作区,利用网络会议和知识中心,实现设计、工艺、生产、服务阶段问题与信息的交互。

3 共性技术

共性技术主要包含支持协同研制的基础性和通用性内容。

(1)编码管理:将编码器内嵌到PDM系统,并建立规范的ITEM编码,实现公共资源的统一编码等。

(2)构型管理:通过有效性实现对BOM结构中ITEM、更改单、技术文件等有关联关系的对象的管理等。

(3)公共资源库建设:将各企业现有的标准件、通用小零件、材料、通用标准、型号标准、注释等实现集中控制,统一规划。

(4)数据安全控制:根据人员和数据的安全密级,实现对型号数据的访问控制,以及用户登录锁定与密码失效管理。

结束语

协同研制平台的构建是集数字化、信息化和网络化等先进技术和方法于一体的复杂系统工程。通过对协同研制平台的构成分析,阐述构建协同平台的主要思路和关键技术,为实现我国航空产品协同研制提供了一种很好的解决途径,但在实际应用中仍然存在许多问题。因此,还需要继续深入研究,最终建立起适合我国航空工业特点的多厂所协同研制平台。

本刊共有参考文献6篇,因篇幅所限未能一一列出,如有需要请向本刊编辑部索取。

(责编 深蓝)

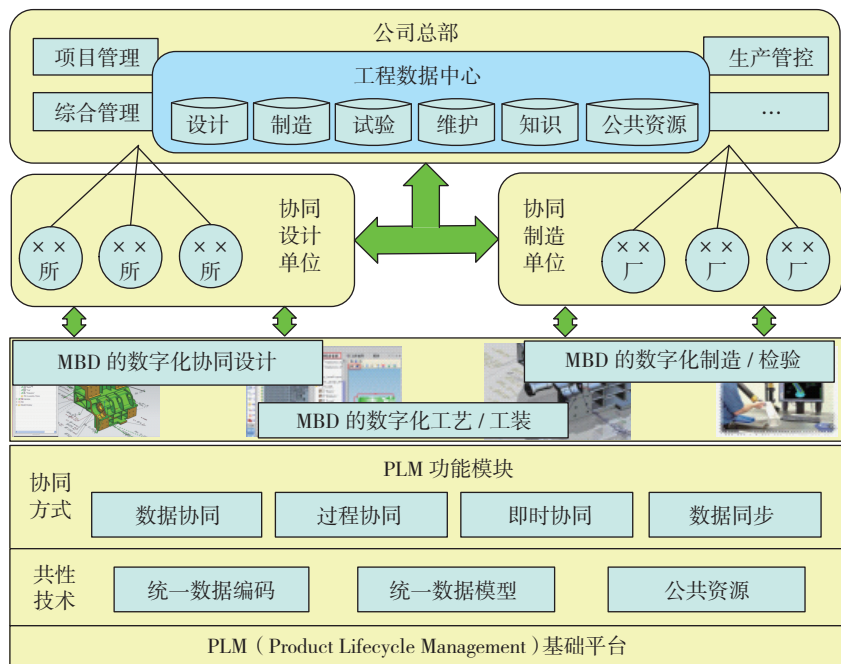


图6 航空产品协同平台总体架构