

飞机产品生命周期管理

黄双喜 范玉顺

清华大学自动化系 CIMS 中心 100084

摘要 分析了飞机产品生命周期所包含的阶段及各阶段的任务和内容,对飞机产品生命周期中信息流动和交互情况进行了研究,给出了一个飞机产品生命周期管理系统的体系框架,对其中的关键技术和功能进行了说明。最后对目前航空领域流行的三个 PLM 平台(Windchill、Teamcenter、ENOVIA)进行了功能和技术分析。

关键词 飞机 产品生命周期 产品生命周期管理

Aircraft Product Lifecycle Management

Shuangxi Huang Yushun Fan

Abstract In this paper, the phases and contents of product lifecycle for aircraft are analyzed and the interactivities of information in the overall lifecycle are researched. The architecture for aircraft PLM is proposed and the key technologies and functions are presented. At last, three main popular PLM platform (Windchill、Teamcenter、ENOVIA) in aviation are introduced

Keywords aircraft product lifecycle product lifecycle management

1、引言

产品生命周期管理(Product Lifecycle Management,简称 PLM)是由产品数据管理(PDM)演化而来。与早期 PDM 系统相比,PLM 系统添加了许多新的功能,如对产品生命周期内各种形式的产品数据的管理能力、对产品结构与配置的管理、对信息的发布和工程变更的控制,以及基于群件的零件分类管理等,同时 PLM 系统的集成能力和开放程度也有较大的提高,一些优秀的 PLM 产品可以实现企业级的信息与流程集成。

2002 年,国际著名的咨询公司 CIMDATA 给 PLM 下了一个较为完整的定义:PLM 是一种战略性的商业方法,它应用一组一致的业务解决方案来支持在扩展企业内创建、管理、分发和使用覆盖产品从概念到消亡整个生命周期的定义信息,它集成了人、过程和信息^[1]。

PLM 一方面提升了企业产品协同研制和创新的能力,同时也为企业信息化建设带来前所未有的严峻挑战和发展机遇。

在航空领域,飞机设计制造一直都是一项非常复杂的工程,它是由多团队、多领域、多厂所共同参与开发,涉及大量的信息系统,并且需要在严格的流程管理控制下实现这些信息系统之间交互和协作,以支持并行、协同的飞机设计与制造。波音 DCAC/MRM 项目 1994 年调查表明,波音在其飞机研制过程中,共涉及到 800 多个子系统、14 种 BOM 表和 30 多种变更管理。如此众多的系统、流程以及异构的数据实现集成需要一个统一的管理平台和集成环境。而 PLM 的出现在一定程度上解决了复杂飞机研制过程中信息与流程的集成与管理,支持协同、并行的飞机产品研制过程。

为了设计与构建这样一个 PLM 系统,我们必须对飞机产品生命周期进行详细分析,明确飞机产品生命周期所包含的阶段和内容,以及不同阶段中所涉及到的信息分布与使用情况。同时,我们也必须对飞机整个生命周期中信息的交互情况有清晰的了解和认识,只有这样,才能真正构建出一个满足飞机生命周期管理实际需求的 PLM 系统。

本文将详细分析飞机生命不同阶段的特点及所涉及的信息系统和信息内容,明确飞机生命周期中信息交互的情况。以此为基础提出一个满足飞机产品生命周期管理的 PLM 系统框架。

2、飞机产品生命周期分析

飞机研制过程分为许多阶段，每一阶段都有不同的任务和结果，需要不同的信息环境和工具支持。清晰了解飞机研制过程不同阶段的特点和信息分布情况是我们总结和分析航空飞机生命周期的基础。按照长期的经验和实践积累，飞机产品生命周期可分为以下四个阶段^[2]。

- 方案论证阶段：方案论证阶段的主要任务是明确飞机的功能需求和设计要求，根据飞机的设计要求进行全面的构思，形成粗略的飞机设计方案的基本概念。具体内容包括：初步选定飞机形式、进行气动外形布局、初步确定飞机主要基本参数、选定发动机和主要机载、进行工业设计、初步绘制飞机草图和效果图、考虑总体布局方案等。论证将形成初步飞机设计方案，并组织专家和同行进行评审和论证，选定最合理的方案，经主管部门批准后，进行下一阶段的设计工作。方案论证阶段的工作主要集中在纸面上，不用做很多实验。通常是在以往经验的积累下所取得的结果。可以采用计算机辅助知识工程进行设计，如 CASE 工具、概念设计工具、工业设计工具等，来选定参数、估算性能、绘制草图和绘制外形布局。该阶段虽然耗时和花钱不多，但许多具有全局性影响的重大决策都是在该阶段做出的，因此该阶段必须保证方案的先进性和可行性。
- 设计定型阶段：设计定型阶段包括初步设计和详细设计以及试飞验证等内容。初步设计阶段的任务是对前面草拟的飞机设计方案进行修改和补充，使其进一步明确和具体化，最终给出飞机总体设计方案。该阶段主要工作包括：完善飞机外形设计、全面布置安排各种机载设备、系统和载荷、初步布置飞机的承力系统和主要承力构件、进行较精确的气动性、操纵性和稳定性计算、给出飞机总体布置图。该阶段可能会对飞机及其各系统进行一系列实验研究、有时会制造全尺寸样机进行风洞实验和协调系统内部布置。该阶段需要各有关专业部门的参加和配合，协调解决设计中的问题，需经过多次反复，最终给出完整的总体方案；详细设计阶段是飞机研制过程中工作量最大的部分，其主要工作是进行飞机零部件设计、结构设计、工艺方案设计和工装设计。设计完成后要给出各零部件和各系统的零件图、装配图、总图以及详细的重量计算、强度计算报告和工艺规范。同时，该阶段还要进行许多实验，包括动静强度实验、寿命实验，需要众多的各类专业技术人员参加，几乎覆盖了飞机研制的所有领域知识。需要各专业之间分工合作、密切配合，特别需要各方面进行综合与协调。该阶段也是飞机研制过程中信息分布和信息交互最为密集的阶段，它涉及大量的 CAD、CAPP、CAM、PDM、CAE 等计算机系统，其本质就是一个对飞机各种设计要求和各专业进行综合与协调的过程。
- 生产定型阶段：设计生产定型阶段主要是确定飞机的详细制造工艺和最佳生产方式。制造工艺是飞机制造的基础，飞机制造过程遵循制造工艺文件来完成。工艺文件包含了飞机制造过程中所用到和所产生的各种工艺信息，包括指令性工艺文件、生产性工艺文件、标准资料和工作包文件，最佳生产方式的确定是依据工艺文件安排作业计划和组织生产的，要求做到工作程序化和业务规范化，改变以往的管理脱节、各自为战、重复劳动、扯皮内耗的被动局面，需要考虑各制造流程单元的分工、协调、重组以及工装选择、资源配置、质量控制和费用控制等因素。生产定型阶段的主要任务是工作分解结构(WBS)和工作说明(SOW)的拓延和编制、一级流程的编制、承诺进度计划的编制、制造工艺方案的确定、工艺指令的编制、工作包文件的编制和制造物料表(MBOM)的生成。
- 批生产阶段：批生产阶段主要是协调客户需求与生产制造以及内部财务、库存、采购活动之间关系，其主要系统包括构型管理系统、MRPII、车间控制系统、进度计划系统、供应链管理(SCM)、客户关系管理(CRM)等系统。首先，客户可以通过构型管理系统确定飞机的配置需求，然后设计人员根据用户特选方案确定生产计划，通过计划进度系统和定单管理系统以及 MRPII 系统进行库存和采购定单管理，最后通过车间管理系

统控制车间进行生产或通过供应链管理系统进行外协件的采购和加工。直至飞机装配完成，提交给客户。

按照上面飞机产品研制生命周期的阶段划分，以及各阶段的主要任务和工作内容，可以得出如下的飞机研制过程不同阶段的工作内容、信息和支持系统的关系图^[3]。



图 1 飞机研制过程不同阶段的工作内容、信息和支持系统关系图

从上面对飞机研制过程不同阶段的分析可以看出，飞机研制是一个非常复杂的系统工程。它是多个专业子系统综合和协调的结果。各子系统之间存在着复杂的信息传递和依赖关系。而 PLM 平台的核心就是在于支持这些子系统之间信息的交互和连接，使它们可以集成和协调起来共同完成飞机的研制工作。

在对飞机研制过程中不同阶段分析的基础上，我们进一步总结得到飞机不同研制阶段之间，以及各阶段内部不同活动和系统之间的信息传递情况。并根据对航空飞机产品研制过程中信息交互情况的分析，给出如下的航空信息环境和信息交互场景图（图 2）。

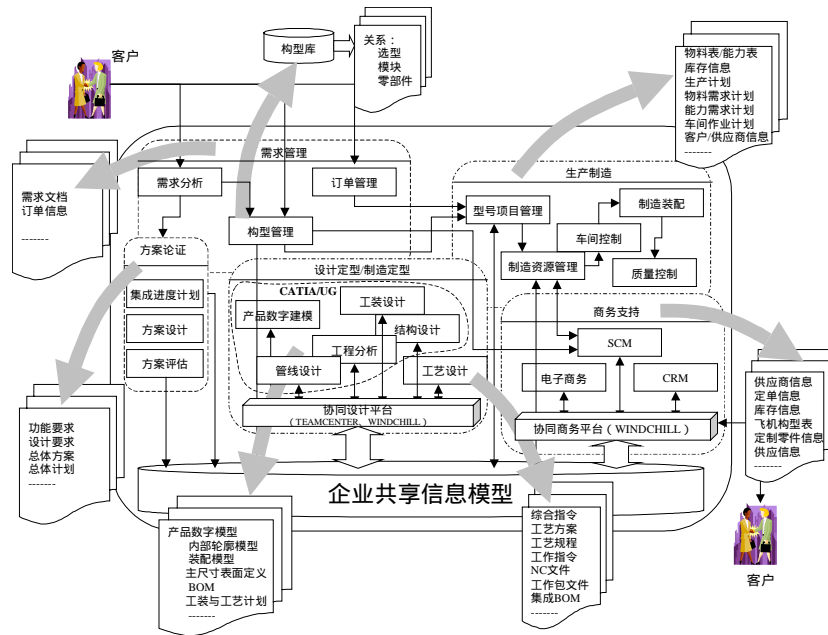


图 2 航空飞机产品研制过程信息分布场景

3、飞机产品生命周期管理解决方案

通过对飞机产品生命周期的分析,我们对飞机研制过程中的信息内容和交互情况有了一个基本的认识。如何支持飞机产品生命周期中不同阶段和不同领域之间信息交互和共享,以及如何保证整个飞机研制过程的协调进行就是 PLM 系统所要完成的工作。

在传统的产品研制模式中,产品开发往往流于各自为政,无法达成信息即时流动的目标,而使产品研制效率无法提升。并行工程在研制模式上将串行的产品开发模型转变为并行的产品开发,在一定程度上解决了开发效率问题。然而,并行工程只是一种理念和方法,没有从根本上解决不同生命周期阶段和不同信息化孤岛之间的信息交互和协同问题。目前的 CAX、ERP、PDM、SCM、CRM、eBusiness 等系统,主要是针对产品生命周期中某些阶段的解决方案,难以支持企业作为一个整体来获得更高的效率、取得更多的创新以及满足客户的特殊需求。面对这些挑战,企业迫切需要一种将这些单独的系统结合到一起的整体化企业解决方案,为上述分立的系统提供统一的支撑平台,打破以往的研制模式,建立以信息为核心的研制流程。也就是说,必须建立一套管理产品开发各阶段不同信息的机制,使得产品设计、开发、制造、营销,以及售后服务等信息能快速的流动,并且能有效的加以管理。在此机制下,不但产品开发时间能大幅缩短,节省可观的资源外,企业也能更紧密的结合上、中、下游各环节的研制体系,缩短反应时间,并有效控管生产资源,进而强化市场竞争力。这就是覆盖协同商务(CRM、SCM、ERP) PDM 管理、CAD/CAM/CAE,以及知识管理(KBE),并集成工程协同工具(变更管理、可视化、工作流管理)的产品生命周期管理^[4]。(图 3)

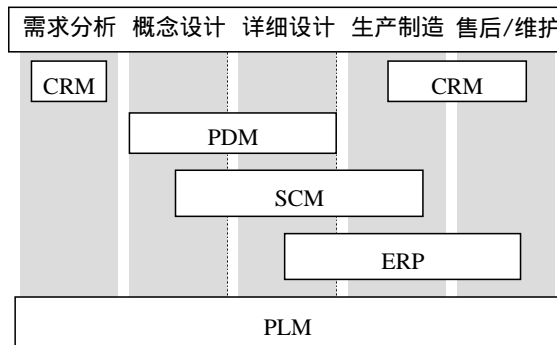


图 3 产品生命周期管理概念

在 PLM 的概念下，企业内部的知识财产可真正的转化为有形的资产。PLM 系统提供了强大的整合能力，不仅可整合设计阶段由 CAD/CAM 系统(如 AutoCAD, Solid Edge, Pro Engineer, CATIA)所产生之图档信息外，同时还可以通过内建的集成机制，实现与 CAPP/ERP/SCM/CRM 等系统的连接，使得产品生命周期的各种信息能完全串联，并有效控管，真正满足产品生命周期信息管理的要求。

为了实现这一目标，PLM 必须提供一组应用和技术方案。PLM 并不是一个单项的技术或应用，它是一种战略性策略，它依赖于一整套成熟的技术，包括业务过程、产品数据管理、可视化、协同、协同产品商务 (CPC)、企业应用集成 (EAI)、组件供应商管理等。因此，PLM 系统必须一个完备的技术框架，将这些具体的技术和应用整合起来，实现产品生命周期管理的功能。根据功能层次的高低，可以把 PLM 提供的能力分为四个层次：即基础技术、核心功能、PLM 应用和解决方案^[5,6] (图 4)。

- PLM 基础技术直接与底层的操作系统和运行环境打交道，将用户从复杂的底层系统操作中解脱出来。用户可以针对需求和环境对关键技术进行裁剪。PLM 主要基础技术包括：数据转换技术、数据传输技术、系统管理、通讯和通知技术、可视化技术、协同技术和 EAI 技术。
- PLM 核心功能提供给用户对数据存储、获取和管理的功能。不同的用户使用不同的功能集合。这些功能可以包括：数据存储与管理、工作流与过程管理、产品结构管理、分类管理、型号计划管理等。
- PLM 应用是一个或多个 PLM 核心功能的集合体，提供一套功能满足产品生命周期的一些具体需求。随着 PLM 在工业和企业的推广应用，许多不同的 PLM 使能应用被开发出来，如配置管理、工程变更管理、文档管理等，现在都已成为 PLM 的标准功能。这些应用缩短了 PLM 的实施时间，并将许多成功的实施经验融合在这些应用中。典型的 PLM 应用包括：变更管理、配置管理、工作台、产品配置器、文档处理、项目管理、设计协同工具等。每一个应用都代表了 PLM 解决方案的某一视图。
- 解决方案是在基础技术、核心功能和特定应用之上构筑的一个面向行业或职能领域的技术基础结构，它不仅包括了一系列灵活、可配置的软件工具，而且包括了以往相关实施的最佳实践经验、实施的方法和资源，以及一些原则性的指导等。

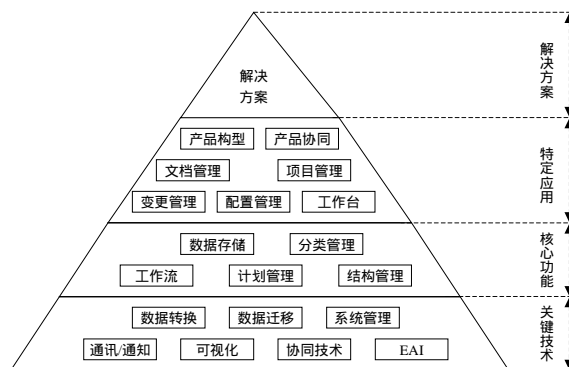


图 4 产品生命周期管理体系结构

4、航空领域现有 PLM 平台技术分析

目前，在航空领域，比较优秀 PLM 产品有 PTC 的 Windchill、EDS 的 TeamCenter 和 IBM/达索公司的 ENOVIA。本节我们将对这三个产品的功能和技术体系进行分析^[7]。

4.1 PTC 公司 PLM 平台——Windchill

PTC 公司通过 Windchill 技术体现“协同产品商务”的整体目标。Windchill 是 PTC 公司一套集成的产品和过程生命周期的管理软件，具有工作流功能，完全基于 Web。该产品旨在为管理整个产品的生命周期所需要的数据提供单一公用的基础结构。这个集成的套件能

够与主要的 CAD 和 ERP 数据相连接,即产品和过程管理与操作执行的联合。它充分利用了 Internet 和相关的信息技术,为系统提供了一种应用软件基础,从而保证能快速、高效地部署产品信息应用软件。Windchill 能让整个企业快速简单地访问到庞大的产品资料库。通过使用功能强大的 Web 基础结构,Windchill 能从各种来源收集信息,并能把丰富多样的内容,融入产品的一种完整表示中。Windchill 建立了一个跨企业的合作环境,用于重要产品和过程信息的共享和可视化,不管这些信息由什么样的源系统创建而成。对于并不熟悉 CAD 系统的采购人员,可以使用 Web 浏览器来访问、查看和标记模型,向工程师提供更准确和及时的咨询响应。

4.2 EDS 公司 PLM 平台——TeamCenter

EDS 公司是全球最成功的软件咨询和服务公司之一。其 PLM 产品 TeamCenter 可以帮助制造企业建立协同设计和制造环境,以便在扩大的企业范围内分享和共用复杂的产品数据。贯穿于整个制造价值链的协同能力得到大大的提高,使得企业从概念设计到产品发布都能以更快的速度和更低的成本推出更好的产品。

TeamCenter 是一个以产品为中心的、覆盖产品生命期各种活动与数据的、基于 Web 协同的集成解决方案。不同与 Windchill 的联邦式的体系结构,TeamCenter 采用产品集成到企业集成的层次结构,包括工程协同、可视化工具、网上社区、协同平台和企业集成。其中协同平台是 TeamCenter 的核心层,提供传统 PDM 的核心功能(workflow管理、人员与资源的配置、产品结构与管理、版本管理、更改管理、文档管理、签审发放等)。在其它层次上,TeamCenter 集成了原 UGS 公司和原 SDRC 公司的相关产品。

4.3 IBM/达索 (DS) 公司 PLM 平台——ENOVIA

ENOVIA 是 IBM/DS 公司提出的一个制造企业 PLM 方案。它可以与 IBM 公司的其它产品,如 PM、VPM、CATIA 紧密集成。DS 公司认为:企业 PLM 整体解决方案的困难不在于技术上,而在于构建一个支持产品生命周期开发活动的 IT 基础构架。因此,在其 ENOVIA 的方案中,建立了一个 V5 基础构架,支持 CATIA、DELMIA、ENOVIA 等应用的集成。在数据建模和交换层:ENOVIA 采用 ISO STEP 标准,允许以 STEP AP203 或 AP214 导入/导出数据。在 WEB 相关技术层,ENOVIA 采用 OMG CORBA、PDM Enablers 以及 W3C 的相关标准,可以通过 ENOVIA 采用 JAVA 或 HTML 以瘦客户端的形式访问 ENOVIA 的资源。同时,ENOVIA 也提供了多层的、基于角色和组织授权的安全控制机制。

在 ENOVIA V5 体系框架中,包括入口、生命周期应用、快速应用开发框架、产品过程资源中继 (PPR HUB) 和企业基础架构五个基本部分:

- 入口:支持企业内和外协作的主要的场所。
- 产品生命周期应用:用来实现企业业务活动的应用系统,覆盖产品开发的所有阶段,从产品的概念到实现。
- 产品过程资源中继 (PPR HUB):可以看作是一个电子仓库系统,为应用提供了通用的建模功能和数据模型。确保了全生命周期产品定义、制造过程和生产资源的一致性,实现对产品、过程和资源 (PPR) 的统一管理。
- 企业架构:定义了企业共享、交换、通讯和集成的标准和框架。
- 快速应用开发框架:提供了与企业原有遗留系统以及与 CRM、SCM 和 ERP 等系统的集成能力,同样也提供与入口集成的能力。

在 ENOVIA V5 体系中,PPR HUB 是它的核心。PPR HUB 是一个统一的、开放的对象模型,连接产品、过程和资源。支持动态的基于知识的产品创建和决策支持,优化产品定义、制造准备、生产和服务。PPR HUB 可以管理扩展企业的所有产品、过程和资源。同时提供了通用的建模功能,为所有应用提供数据模型,实际上是为产品定义、制造过程和制造资源

提供了一个联结。ENOVIA 采用 PPR HUB 管理和建模产品生命周期的应用。PPR HUB 允许人和应用之间在企业层上共享数据，提供应用间的紧密集成而非松散集成。当一个应用插入到 PPR HUB 上时，其创建的数据将暴露给其他 Hub 上的应用。应用可以通过一个配置引擎提交一个全企业范围一致的配置定义。

5、结论

PLM 是一个同时涉及产品开发过程、全局协同过程和商业合作过程的复杂解决方案。PLM 决不仅仅是一套或多套软件系统，严格地讲它是一种企业管理理念的创新。它通过充分利用计算机和网络等技术，增强企业与企业内部和企业之间的协作能力，灵活适应动态的商业环境并提供产品生命周期的信息管理，能够大大改善离散型制造企业的核心业务过程，实现产品的客户化定制以及快速地推出创新产品。

参考文献

- [1] CIMData Inc.. Product Lifecycle Management. CIMData Report. Michigan USA, 2002.10
- [2] 范玉青. 现代飞机制造技术. 北京：北京航空航天大学出版社, 2001
- [3] 航空工业现代集成制造系统项目总体组. 航空工业现代集成制造系统总体设计报告. 中航一集团内部研究报告. 北京：2003.1
- [4] EDS Inc.. Collaborative Solutions for Product Lifecycle Management. http://www.eds.com/products/plm/pdf/plm_brochure.pdf, 2002.11.4
- [5] CIMData Inc.. Collaborative Product Definition Management: An Overview. CIMData Report. Michigan USA, 2001.8
- [6] Larry. 现代 PDM 思想及其商业模式. <http://www.prdm.net>, 2003.1.10.
- [7] 金航数码科技有限责任公司. 航空 CIMS 现有集成平台测试报告. 中航一集团内部研究报告. 北京：2003.1