

关于PDM与CAPP一体化 集成模式展望

Prospect of Integration Mode of PDM and CAPP

中航工业沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司 焦 鹤



焦 鹤

研究员级高级工程师,现任中航工业沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司总经理助理,主要从事公司管理创新和企业信息化总体规划、计划及方案的制定,企业信息化业务、信息技术集成以及信息标准的相关技术指导与管理等工作。

对国家特大型军工企业集团来说,航空工业不仅肩负着国家安全的使命,而且它的发展对于带动其他工业领域的发展具有深远的意义。21世纪,航空制造业面临更加白热化的市场竞争,航空制造企业要适应市场竞争的全球化、产品生命周期的日益

无论从航空工业信息化应用的实际需求和应用效果来看,还是从PLM思想和技术的发展方向来看,甚至从航空工业整体协同的角度出发,PDM系统与CAPP系统整合为统一的一体化的PLM平台是其发展的终极状态。

缩短和竞争加剧的环境,要在激烈的市场竞争中求生存,求发展,必须在最短的时间内生产出适应市场需求的产品。

航空工业的信息化是国家信息化的重要组成部分,也是提高核心竞争力的重要手段。张新国副总经理在2009年度信息化工作会议上的报告中指出“构筑集团信息化协同平台,加速航空工业现代化步伐”。中航工业在2010年集团公司年度峰会上以“聚合致赢,齐飞致远”作为主题。集团公司各企业的聚合,必然要求各企业信息化系统的聚合。

在当前航空工业“聚合”、“协同”的大背景下,笔者认为,航空工业的信息化技术与手段也必须以“整合、统一”的思想来指导,PDM与CAPP系统必将走向一体化集成,成为一体

化的PLM平台。

PDM与CAPP集成 面临的问题

“PDM与CAPP集成”这个词眼,从思想意识上已经把PDM与CAPP作为2个独立的系统来考虑问题,注定PDM与CAPP系统各自以自我为中心的发展与应用,造成PDM与CAPP在航空工业应用时面临更多更深的全局性问题。

1 系统功能趋同使IT投资重复

在企业实现数字化制造的过程中,需要使用CAPP系统的企业必然同时需要使用PDM系统。即使没有涉及到设计的纯制造性企业,为了实现与设计单位的电子化数据的交换,也必须首先构建PDM系统来管理这些重要的外来源头数据。纵观中国

航空工业,无论是飞机主机厂还是发动机制造厂,大多数都应用围绕编制工艺规程为核心的 CAPP 工具;同时必须采用 PDM 系统进行企业整体流程和集中数据的管理。因此不可避免面临集成开发和重复投资的问题。

CAPP 的专业化发展已经完全超出工艺编制的专业化工具软件范畴,各供应商在 CAPP 软件中增加了越来越多的管理功能,使其成为同时包含工艺设计与工艺管理的综合性管理系统。仔细剖析这些新增加的管理功能,无一超出 PDM 系统管理功能的范畴:工艺的审批与更改流程、工艺的版本有效性控制、工艺 BOM 的管理和工艺资源库的管理和工艺知识库的管理等。工艺员只有同时使用 PDM 系统和 CAPP 系统才能更加有效地工作。因此制造企业必须为每人购买一套 PDM 系统和一套 CAPP 系统,而且同时需购买大量的集成开发专业服务实现 2 个系统的集成。

在集成过程中,无非是弱化 CAPP 的管理功能,使 CAPP 成为一个工具软件,充分利用 PDM 的管理功能进行集成。企业购买 CAPP 时往往需支付包含管理功能的 CAPP 系统费用;额外的集成费用和没有使用的 CAPP 管理功能费用,都是企业重复的 IT 投资。如果 PDM 系统与 CAPP 系统是 2 个不同的供应商,还必须承担更多的集成项目风险。

2 难以支撑 MBD 技术的推广应用

目前以波音公司为首,其波音 787 型号在全球设计与制造过程中,采用 MBD(Model Based Definition,基于模型的工程定义)技术,在公司内部以及其供应商全面推行三维技术应用。包括波音公司在中国的几个供应商,也开始直接接收带所有工程信息(尺寸标注、公差标注、技术条件等)的三维模型,然后进行工艺设计与规划。而且 MBD 技术即将在国内的飞机和发动机厂所广泛应用。

在企业中 PDM 系统能够有效管理和利用三维产品数据已经基本成熟,而几乎所有 CAPP 系统都是基于二维的工艺卡片工具发展起来的,缺乏支撑三维技术的应用。例如,目前 CAPP 系统都不具备管理数控代码和数控工序模型的能力;编制装配工艺时,不能直接基于三维可视化模型进行装配重构;装配过程不能进行有效的模拟。

3 难以支撑多厂所联合模式

对于航空工业,无论是飞机还是发动机企业,其产品的复杂性决定了必然是多厂所联合设计制造的模式。主机厂需要从各设计所以及各承制厂获取大量的设计与工艺数据。

由于 PDM 系统与 CAPP 系统各自体系架构和管理机制的先天性差异,无论双方供应商投入多大的人力资源去进行集成开发,从集成技术和集成效果来看,都只是基于简单的数据层面: BOM 和零组件信息的获取;工艺文档的打包提交。而对于企业的关键业务——更改管理方面,往往达不到理想的效果: BOM 和零组件信息难以自动同步;更改贯彻信息难以在 2 个信息中进行交互。而且如果往更深的层面,工艺业务管理信息(包括任务与计划、数据的访问权限)等难以达到实质的融合。总之

PDM 与 CAPP 集成表现的跨部门“甩过墙”的做法,难以发挥航空工业多厂所协同的整体业务流程的效益。

PDM 与 CAPP 一体化集成是必然趋势

1 一体化是航空工业信息化的必然

随着航空工业信息化的深入应用,航空企业中各种各样的应用系统越来越多,形成企业内部各系统间非常复杂的信息集成网;企业越大,业务种类越多,信息集成网更加复杂。面对信息系统越来越多,越来越复杂的情形,国内外大型航空企业的 CIO 们正利用信息化规划的整体观和手段对企业内部各应用系统进行有效整合。波音公司进行全面整合,把公司原有的 400 多个系统规整到四大主要的信息化平台上。图 1 为波音公司进行应用系统整合的示意图。

整合方式有 2 种,一是通过更加全面和强大的大型管理系统去取代个独立的分散小系统,或把各小系统的功能移植到大型管理系统中;二是把不可取代或移植的小系统精简成专业服务的模式供大型管理系统调用。方式一是众多 CIO 和 PLM 供应商更加愿意选择的方式,能够大大降低企业对信息化系统的拥有成本,更加有利于企业业务流程精益、重组。

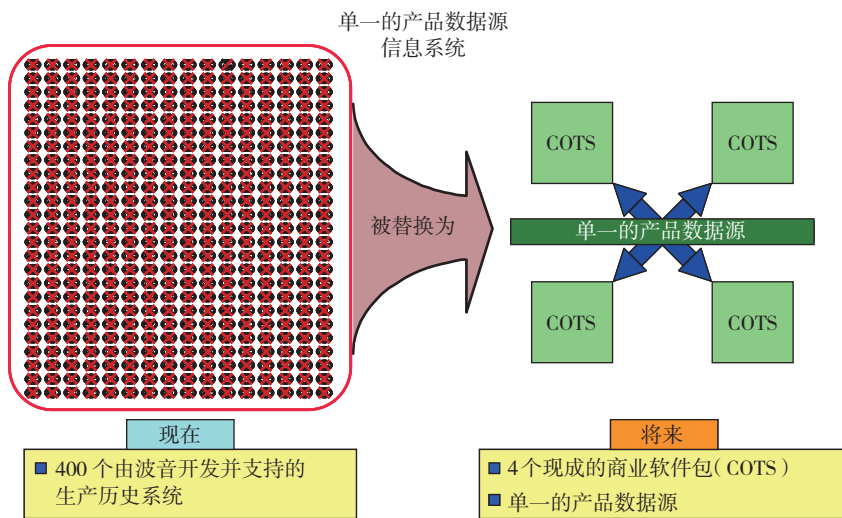


图 1 波音进行应用系统整合示意图

因而在航空企业尤其是制造厂,必然要把同时为制造工艺服务的PDM系统和CAPP系统进行整合,成为一体化的PLM平台。

2 一体化真正体现了PLM思想和技术趋势

对任何产品,在产品规划、产品设计、工艺规划、制造装配、维护维修等过程中产生的大量工程和服务数据之间相互关联、互为参考,成为描述产品整个生命周期中不同阶段信息不可或缺、不可拆分的整体信息。这对航空工业产品尤为重要,其产品的复杂性和高精尖,决定必须从设计到维护各类信息的高度统一协调。例如目前飞机、发动机的设计、制造、维护都由航空企业完成。为了能够更好地为军方提供优质的产品和优质的服务,必须以产品全生命周期理念来准确有效管理不同阶段的产品信息,如图2所示。只有基于统一的平台进行单一数据源的模式进行有效的集中式关联式管理,才能保障产品全生命周期数据的完整性准确性。

诸多世界级PLM供应商正配合企业信息化规划和PLM思想发

展趋势,提升CAPP简单工艺规程编制工具成制造过程管理系统(Manufacturing Process Management, MPM),并把PDM系统和MPM系统整合到统一的PLM平台上。并且这种整合后的PLM平台正以强大的优势和对企业的吸引力在市场上迅速推广应用。

3 一体化是航空工业设计制造协同的需要

在前面提到,航空工业中大多采用多厂所联合设计制造的模式。在这产品创新的时代,追求更高的产品附加值和更短的产品上市时间,需要从市场、设计、工艺、制造、维护等部门人员的紧密协同;对于航空工业则要求多个企业更加紧密协同、并行工作。PDM系统和CAPP系统分别是设计人员和工艺人员工作平台,显然简单的PDM系统和CAPP系统集成模式不能满足航空企业日益迫切的设计制造协同需求,尤其是对制造技术依赖程度高的复杂产品,例如飞机、发动机,需要能够基于产品成熟度进行协同,设计过程中的不同成熟度阶段,工艺员能够以不同的方式

把工艺制造思想体现到产品设计中;同时在工艺验证和制造过程中的问题信息能即时反馈给设计员进行设计的优化调整。只有以整体统一的PLM平台的模式为航空工业各企业提供紧密设计制造协同手段。

4 一体化是三维等新技术应用的要求

三维技术的深入应用,尤其是航空工业MBD技术的推进,正在逐步改变传统工艺设计模式,不再只是简单的基于二维工程图的工艺规程卡片的编制,基于三维的工艺设计与仿真验证逐步一体化,而且工艺规程内容中包含更加直观、自解释性更强的可视化轻量模型。

零件加工工艺可以利用设计三维模型以及模型中的PMI信息进行数控编程,在生成数控代码同时生成更具可读性的数控工艺规程,然后直接进行切削运动和机床运动仿真,来验证数控代码的正确性和实际可操作性。产品装配工艺,可以基于三维的环境进行装配BOM的重构,保障BOM的正确性;也可直接利用三维可视化轻量模型生成可读性强的装配工艺规程;同时可对装配工艺中

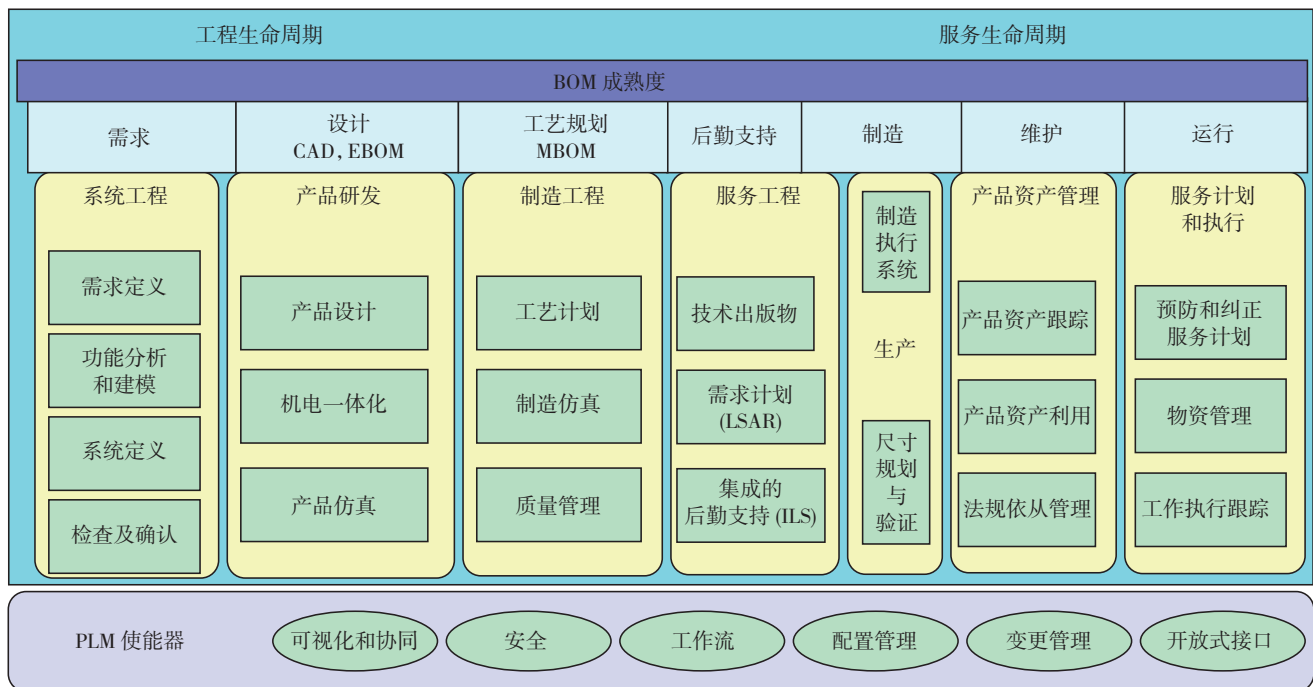


图2 产品全生命周期

的装配过程和装配公差的满足性进行仿真验证,进一步优化装配过程与方法。

基于三维环境下的工艺设计新模式,完全超出了传统 CAPP 的功能支撑范围,而且工艺规程卡片编制不再是工艺设计的核心,只是工艺设计部分结果的展现形成。只有基于统一的 PLM 平台,有效整合三维数据管理功能、工艺规程编制功能和三维仿真功能,才能支持三维环境下的工艺设计新模式。

PDM 与 CAPP 一体化集成框架

PDM 系统与 CAPP 系统是产品全生命周期中 2 个不同阶段的重要和紧密相连的管理系统,而且通过前面分析,其一体化的趋势和功能共性化的发展,使构建 PDM 与 CAPP 一体化 PLM 平台成为可能。

充分利用 PDM 系统的基础服务(数据库服务、文件卷服务、WEB 服务)和基础技术功能(例如版本控制、可视化技术、高效查询技术、报表集成和协同技术等),在核心管理功能和高级管理功能支撑下,最终形成 PLM 一体化平台,并以 C/S 或 WEB 客户端的模式供不同的人员共同使用。图 3 所示为 PDM 与 CAPP 的一体化框架,即 PLM 的平台。

在整个整合过程中,关键在于对 2 个系统的数据、流程、人员、扩展管理等 4 个方面功能进行充分综合整理,形成 PLM 平台的核心管理功能和高级管理功能。

1 数据管理功能的整合

经过 PDM 的多年发展,图文档管理功能中通过零组件对象和 BOM 对象的方式实现了对设计数据的成熟管理。而工艺是连接虚拟产品和实物制造的纽带,工艺数据非常巨大,具权威机构统计,工艺数据量是设计数据的 25~50 倍左右;同时工艺数据包含内容更加广泛:工艺、工序、

工步、设备、工装、材料、工时、工艺 BOM 等,这些内容之间关系和结构更加复杂。只有合理整合设计数据与工艺数据于统一平台进行表达与管理,才能确保 PDM 与 CAPP 一体化平台能有效支持 PLM 思想,支持三维等新技术的应用,以及能为下游的生产系统 ERP/MES 提供必要的可方便利用的结构化设计和工艺数据。

在 PDM 与 CAPP 一体化整合过

4 扩展管理功能的整合

工艺业务不仅仅只是工艺规程文件的编制,还包括相关的工装、毛坯、模具、设备等请制设计业务。对这些工艺资源的有效管理,将大大提高工艺编制的效率和工艺规程的准确性和规范性。

工艺设计是涉及广泛知识领域的经验性工作,在设计过程中需要查看引用冷热工艺标准、各种材料标

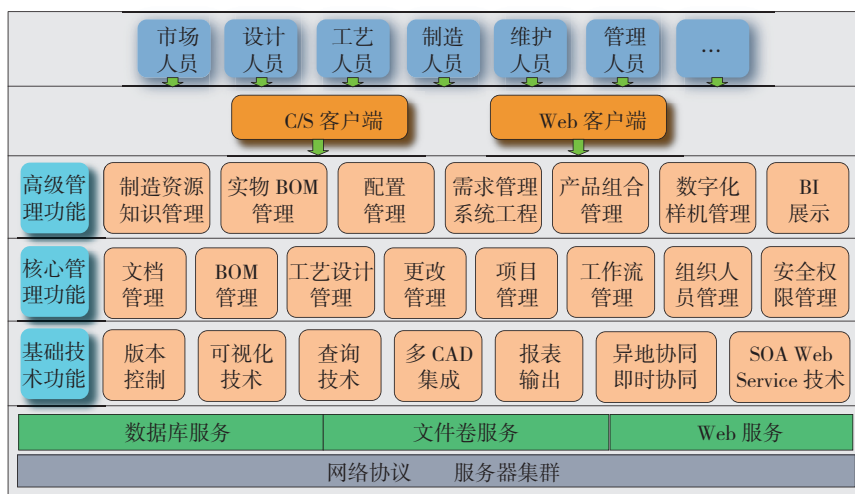


图3 PLM平台

程中,设计数据与工艺数据的结构化整合是关键技术。在下文中将详细描述实现数据整合的关键技术。

2 流程管理功能的整合

工艺业务也类似设计业务,也存在大量的审批业务流程。相对来说 PDM 系统的流程功能比 CAPP 系统的流程功能更加完善。在 PDM 与 CAPP 的一体化平台上可直接利用 PDM 系统的流程功能进行完善增强,例如:跨部门的工艺对设计数据的会签;工艺对工装的请制流程等;设计制造协同过程中成熟度升级降级等并行业务流程控制。

3 人员管理功能的整合

人员的整合,核心在于人员对数据访问权限控制。工艺业务的参与,会带来工艺、工装、毛坯、模具、设备资源等相关工艺人员与管理人员的参与,对数据的访问与安全控制提出更高的要求。

准、典型工艺规程、工艺切削参数等知识性资料和数据。工艺知识的有效管理,是企业工艺知识合理积累和充分复用的必要手段。

三维技术的广泛应用,数控工艺的数控模型和代码管理、仿真结果管理都是目前工艺业务的重要管理内容。

只有把上述工艺管理功能合理的整合到 PDM 与 CAPP 一体化 PLM 平台中,该 PLM 才能支撑设计和工艺业务的顺利开展。

5 实物管理功能的扩展

对于航空工业,其一体化的 PLM 平台不能只管理到设计、工艺等虚拟产品的技术状态,还必须为飞机、发动机等复杂高附加值产品提供更加有效的台份实物管理的能力,使其能够为军方提供更加完整的电子卷宗和电子履历,为军方提供更加即时准确的维护维修服务。

因此一体化 PLM 平台必须在实物管理能力方面进行扩展,基于前端良好的设计和工艺 BOM 数据,进行实际制造 BOM 和维护 BOM 的管理,对发动机的使用状态、使用寿命、使用履历进行清晰的记录与管理。才能称之为真正的全生命周期管理。

PDM 与 CAPP 一体化集成关键技术

由于工艺业务的复杂性,工艺数据的合理化结构化表达与管理,是 PDM 与 CAPP 一体化集成需要攻克的难题。3PR 技术和工艺结构化表达与输出技术是攻克该难题的 2 个关键技术;而实做 BOM 管理与维护 BOM 管理是 PLM 平台向实物管理拓展的关键技术。

1 3PR 技术

3PR 是产品(Product)、工艺(Process)、工厂(Plant)、资源

(Resource)4 个单词首字母的联合。3PR 技术就是把产品、工艺、工厂、资源数据在 PLM 系统中进行相互关联表达的数据模型技术。

3PR 技术核心是定义工艺树结构 BOP (Bill of Process)。通过 BOP 把工艺(Process)、工序(Operation)、工步(Activity)对象以 BOM 视图的方式进行存储。同时用“目标(Target)”关系把产品和工艺关联起来;用“工作区(Work Area)”关系把工厂工作区与工艺或工序关联起来,用“资源(Resources)”关系把各种设备工装资源与工序或工步关联起来。最终形成一张完整 3PR 数据模型关系图,如图 4 所示。

通过 3PR 数据模型,完全实现了工艺及其关联的众多信息的对象化关联化表示,是这些对象在 PLM 平台中进行以对象和 BOM 为核心的全生命周期管理的基础,同时为工艺

规程的结构化奠定了坚实的基础。

2 工艺结构化技术

工艺结构化技术是对传统工艺规程编制方式与思想的全新变革。首先,生产现场不仅仅只需要文档化的工艺规程报表;更需要结构化的工艺信息作为数据源供 MES 系统控制生产执行;其次,工艺人员在工艺设计过程中不再是填写卡片,而是以 BOP 的方式组装工艺规程内容。工艺规程报表只是工艺设计结果的展现形式。

工艺结构化技术是在 PLM 平台中进行工艺结构化设计和快速工艺规程输出的实现手段。PLM 系统提供可以完整展现二维或三维的产品、工艺 BOP (工艺、工序、工步)、工厂、资源信息的集成环境。首先,在该环境中工艺员可进行工艺 BOP 的创建、结构化信息录入、修改,建立产品、工厂、资源与工艺 BOP 的关联关系。

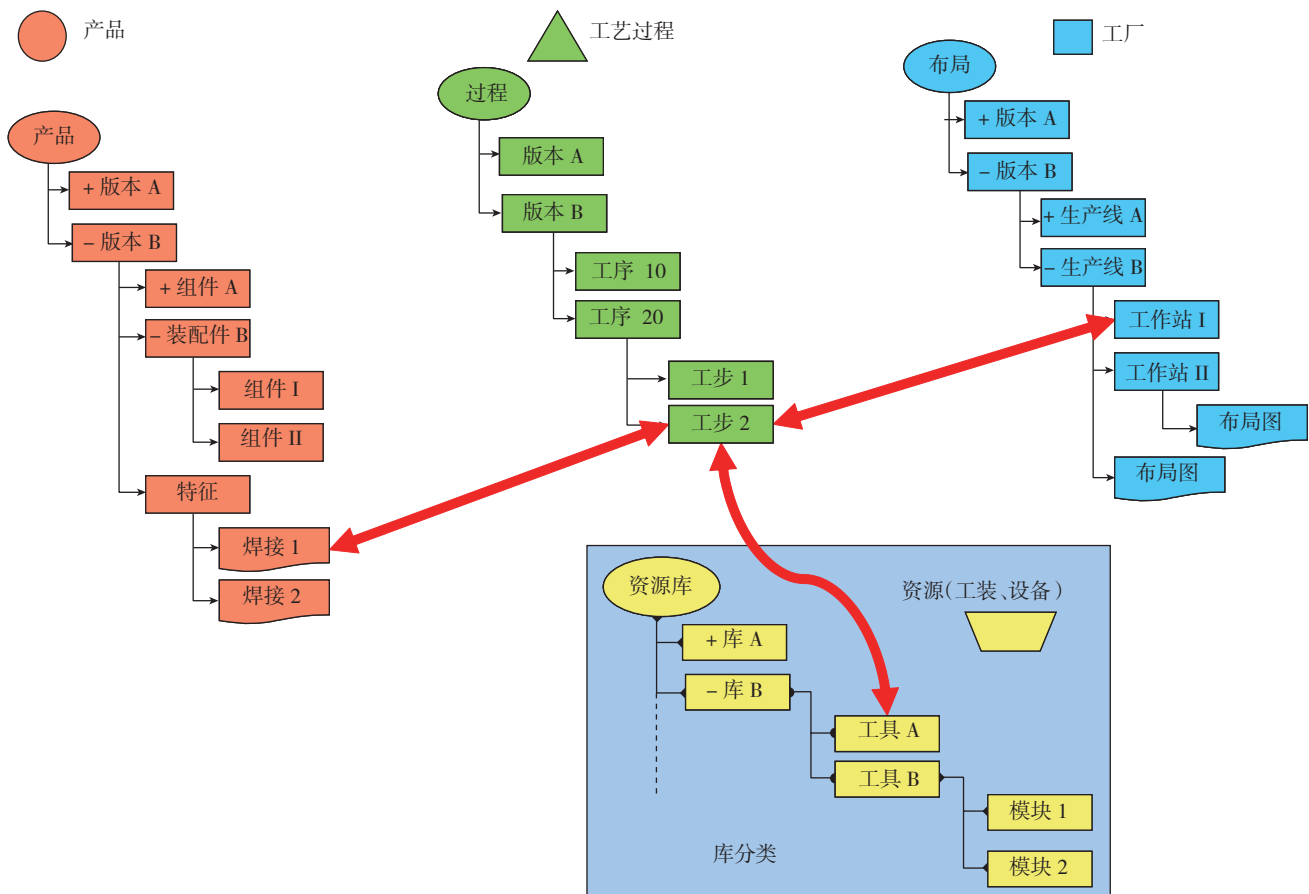


图4 3PR数据模型关系图

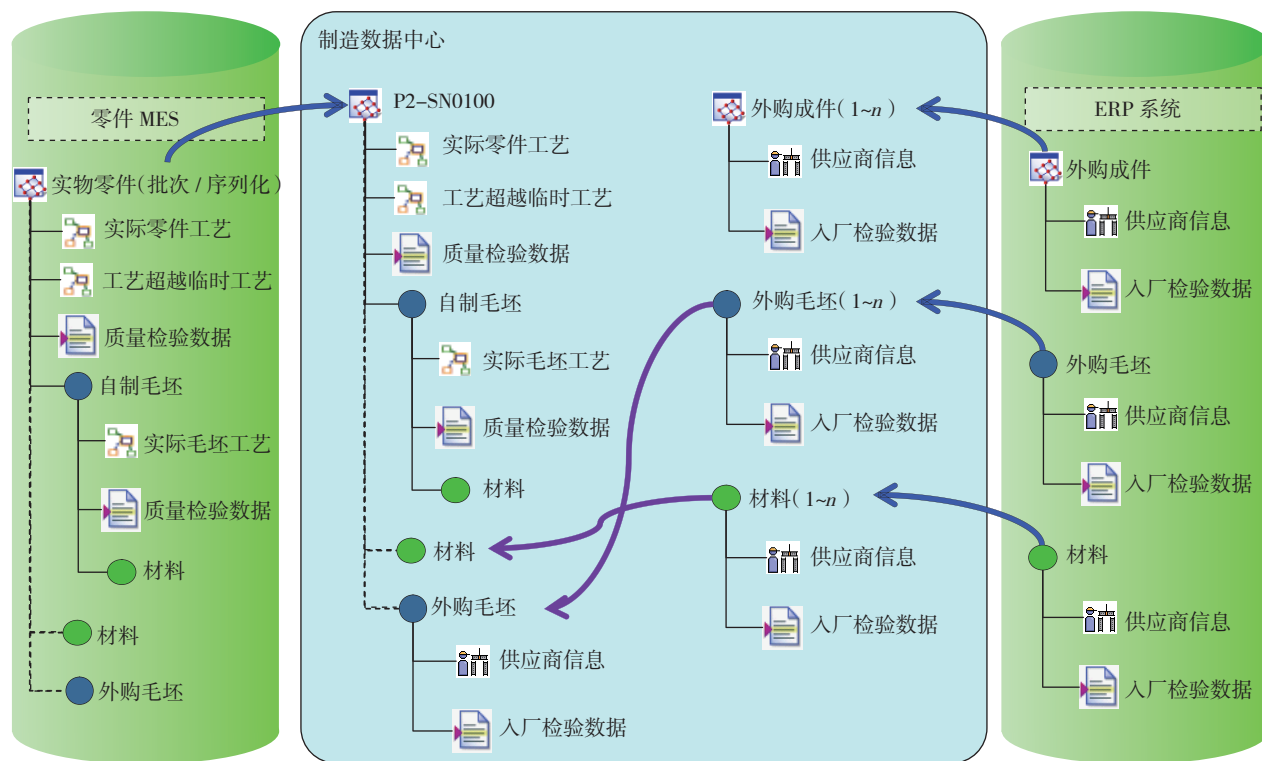


图5 制造数据中心

其次基于信息完整的BOP,可以快速按照客户特定的工艺规程报表格式规范输出工艺内容。最后在该环境中可对每个工艺对象进行版本有效性控制。工艺结构化之后,不仅可为下游ERP/MES提供结构化工艺信息;同时结构化的工艺规程更加方便工艺员实现面向加工特征的工序组装工艺设计。结构化工艺模式,更加方便对三维技术的应用。在产品、工装设备、工厂等三维模型化的条件下,对于结构化的装配工艺过程可以在3D虚拟的环境中进行模拟仿真;对于结构化的数控工艺可以3D虚拟环境中进行切削运动和机床运动过程仿真。

3 实做BOM——实物制造技术状态管理技术

在PLM平台上,从ERP/MES等生产管理系统中采集发动机全生命周期中的各种工程、制造和质量的数据,并以单台实做BOM为核心骨架,形成逻辑有序的集中存储与管理的制造工程和知识数据中心,如图5所

示;支持企业各个业务部门人员在该中心进行各种信息查询与问题追溯;并为客户和服务部门等快速提供必要完整的数据;并通过知识挖掘的手段实现知识的充分重用,提高产品设计和工艺的质量,促进装配、加工、测试、服务等制造系统的可靠性、稳定性,实现发动机的一次性制造成功。

4 维护BOM——实物维护技术状态管理技术

在PLM平台上,实现发动机实物产品服务数据的以单台维护维修BOM方式集中管理、对服务过程中服务请求、服务计划、服务事件进行规范化管理与记录,同时实现对外场服务数据的及时准确的采集,纳入系统统一管理,最终实现对发动机实物的追溯,同时建立故障知识库,提高服务效率,提升服务水平,促进持续改进。

结束语

充分利用PLM统一工作平台,

可以给企业带来了业务模式的全新变革,在实现发动机产品全生命周期管理同时,提升业务执行与业务管理的水平,而且通过工程数据和工程知识的充分管理与良好应用,将形成新的核心竞争力,实现技术带动生产。从行业集团公司角度,采用统一平台的PLM系统,其跨企业之间的快速数据交换和连接技术,非常容易实现从产品设计、工艺规划、产品制造交付、产品维护维修过程和数据进行统一模式、统一标准的管理,即整个发动机行业的真正发动机全生命周期管理,提升行业的整体竞争力。

无论从航空工业信息化应用的实际需求和应用效果来看,还是从PLM思想和技术的发展方向来看,甚至从航空工业整体协同的角度出发,PDM系统与CAPP系统整合为统一的一体化的PLM平台是其发展的终极状态。采用统一的PLM一体化平台也应该是航空工业在当前“聚合”、“协同”的大背景下的明智选择。

(责编 泰山)