

航空发动机试验工厂 CAPP 技术研究与实现

Research and Realization of CAPP in Aeroengine Test-Factory

中航工业沈阳发动机设计研究所信息技术中心 朱丽君 许连芳

[摘要] 针对航空发动机试验工厂的业务特点进行了 CAPP 系统的设计开发,设计了结构化工艺和非结构化工艺两种基本模式的工艺管理方法,并实现了 CAPP 系统与 ERP 系统的集成。

关键词: 试验工厂 Teamcenter CAPP 结构化工艺 ERP

[ABSTRACT] The business feature of aeroengine test-factory is introduced, based on which a system of CAPP is designed and developed. The structuralized process and un-structuralized process are proposed and developed. The integration of CAPP and ERP is realized.

Keywords: Test-factory Teamcenter CAPP Structuralized process ERP

随着航空制造业的迅猛发展,我国航空发动机的研制也进入了快速发展的时期。在航空发动机的研制过程中,试验工厂需要对发动机前期设计中的试验件进行工艺编制、生产准备、生产制造。然而,与其重要性不相匹配的是其信息化程度远落后于发动机设计部门。工艺设计作为试验工厂的重要工作,是连接产品设计和新产品制造的桥梁和纽带,是制造系统的重要环节,对产品质量和制造成本具有重要影响。工艺设计生成的工艺文件和相关数据,不仅是生产加工的依据,而且是生产管理、运行控制系统的基础信息来源。在现代机械制造系统中,计算机辅助工艺过程设计(CAPP)是产品设计与车间生产的纽带、联接 CAD 和 CAM 的桥梁。对于生产部门而言,CAPP 系统能够提高工艺编制效率,并且通过与设计系统即 PDM 系统的集成和与生产任务系统及 ERP 系统的集成,消灭信息孤岛,使工艺设计与产品设计和产品制造一体化发展^[1-4]。

1 CAPP 发展趋势

近年来 CAPP 技术的发展趋向于集成化、工具化、智能化与并行化。CAPP 系统与其他系统进行信息、数据的传输与共用,通常是指与 CAD 和 CAM 系统的集成,推广到企业生产管理、质量保证采购管理等系统的集成。随着制造技术和自动化程度的不断提高,集成化是

CAPP 系统发展的必然趋势。与产品数据管理(Product Data Management, PDM)系统集成,统一管理所有和过程的技术,按照信息的不同用途分门别类地管理,为产品开发和制造提供一个并行的协作环境,一个面向对象的企业全局信息集成框架。PDM 系统可作为 3C(CAD/CAPP/CAM)集成的平台,一方面能管理与协同工作的环境,另一方面还可以为 3C 系统的集成提供封装(encapsulation)、接口(interface)和功能集成(function integration)3 种集成模式,为不同应用系统与 PDM 平台的集成提供了选择方案集成模式^[5]。而本文采用的 CAPP 系统是与 PDM 系统完全融为一体的同一个系统,不需要做额外的集成就可以达到单一数据源和协同并行工作的需求,可以说做到了 PDM 与 CAPP 的全方位深度集成。

并行化是 CAPP 技术的又一发展方向。并行工程不仅应用于设计阶段,还包括制造、规划过程中的并行。CAPP 并行化的核心是 CAD 设计与 CAPP 之间的并行,主要体现在 CAPP 能在产品 CAD 设计的过程中提供产品设计工艺性反馈,对设计方案和结果进行可制造性分析和评价,尽早发现设计中的问题,确保设计的合理性,减少设计的反复迭代。

2 航空发动机试验工厂概况及特点

试验工厂作为设计所的一个部门,主要承担设计所的试验件、工装等产品的工艺设计、生产制造等任务。因此,可将试验工厂看作成一个典型的离散制造企业,其特点是产品具有针对性强、产量小、资金占用量大、产品结构复杂、零部件种类较多、产品工艺复杂、工艺路线灵活、成本难以控制等^[5]。这些特点决定了其产品工艺设计和管理的复杂性,以及对 CAPP 系统功能的特殊需求,因此,开发实施与之相适应的 CAPP 系统势在必行。试验工厂的工艺设计有如下几个特点。

(1) 以试制任务包为核心进行工艺设计。在 CAPP 系统中,要围绕任务包进行工艺设计及工艺数据管理等。

(2) 工艺设计工作量大,设计过程专业化。由于主要承担试验件工装件的生产任务,所以以单件和小批

量产品的工艺设计为主,工艺设计工作量非常大。

(3) 工艺设计对生产成本的影响程度大。单件小批量生产的产品种类多、结构复杂、成本控制难度大。而产品的生产成本直接取决于工艺设计阶段的工艺成本,因此在工艺设计阶段就要对成本进行预算和控制。

(4) 与 ERP 系统集成程度要求高。由于在工艺设计阶段需考虑生产成本的预算与控制,在下料和工具选择时都需在 ERP 系统中进行查询之后才能确定,所以要求 CAPP 系统与 ERP 系统进行高度集成。

本文采用了结构化工艺和非结构化工艺 2 种工艺管理模式,前者满足了数据重用性,后者适应了试验工厂的快速反应,工艺人员较为灵活地进行工艺设计,能够对生产成本进行有效控制。

3 工艺管理系统架构

工艺部门从设计部门获取设计数据,然后结合各种工艺资源进行工艺设计。广义上讲,工艺数据泛指工艺部门需要使用以及产生的数据,主要包括以下 3 类:

(1) 工艺设计过程使用的数据。首先,工艺部门需要从设计部门获取数据,如零部件图纸、零部件设计说明、EBOM 等;然后,工艺人员需要在其他数据的支持下开展工艺设计,如工艺规范、标准工艺、典型、制造资源、零部件供应状态等。

(2) 工艺设计过程产生的数据。工艺人员的劳动成果表现为其用来指导具体的生产制造活动。常见的工艺数据有车间布置信息、工艺规程、NC 程序等。

(3) 工艺更改数据。由于各种原因可能造成工艺设计更改数据,包括工艺规程的版本信息、工艺文件更改单、零部件等。

根据前文所述工艺设计的特点和工艺数据分类,试验工厂 CAPP 系统应进行与之相适应的开发与部署。另外,由于设计部门的产品数据管理系统是基于西门子公司的 Teamcenter 平台,因此,试验工厂的工艺管理平台也建立在西门子公司的 Teamcenter 平台之上。图 1 为航空发动机设计所试验工厂 CAPP 系统的总体架构。试验工厂 CAPP 系统基于产品数据管理系统,使用与产品数据管理同样的功能,如文档管理、组织管理、权限管理、流程管理等,采用这种架构使得工艺设计很好地与产品设计相关联,实现了设计制造的单一数据源。以产品数据管理系统为基础,工艺设计过程中可直接使用产品设计数据,并将产品数据与工艺数据进行关联,起到

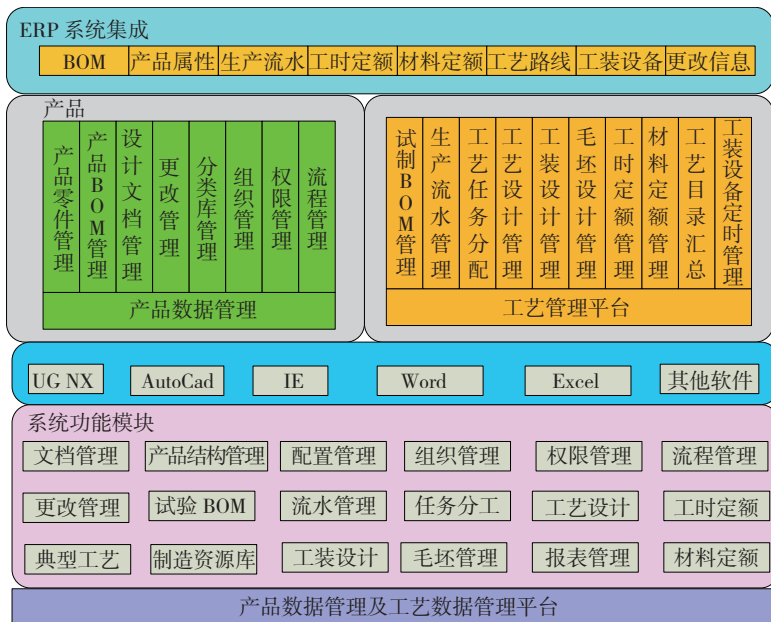


图1 试验工厂CAPP系统架构
Fig.1 CAPP structure of test-factory

了承接上游、连接下游的重要作用。针对试验工厂的特殊业务模式,试制 BOM 功能的开发解决了工艺部门与制造部门连接的难题。工艺分工管理、工艺设计管理、工装设计管理、毛坯设计管理、与 ERP 系统集成等是工艺管理平台特有功能。

4 CAPP 系统功能实现

试验工厂工艺设计的特点决定了将工艺分为结构化工艺和非结构化工艺 2 种。本文在工艺管理平台中,采用 3PR 模型构建结构化工艺,即对产品(Product)、工艺(Process)、工厂(Plant)和资源(Resource)建立关联关系。图 2 为工艺基本 3PR 模型结构示意图。本文 CAPP 系统中,采用了 Teamcenter Manufacture 模块进行工艺设计功能的实现。

本文利用 Teamcenter 系统中“关系”的方式来实现 3PR 模型。首先产品为独立的零组件,选择对应的零组件创建工艺后,两者便建立了关系,在工艺编制完成后,将对应的工序工步与生产部门/分厂/车间进行关联。在工艺编制过程中,所需的制造资源都在 ERP 系统中进行选择,这要求 CAPP 系统与 ERP 系统有很好的集成,在后面将会介绍 2 个系统集成的具体内容。

4.1 结构化工艺

结构化总工艺管理零件或毛坯的所有工艺,包括主制工艺(机加工工艺、钣金工艺、铸造工艺、简易工艺规程)、辅制工艺(数控工艺、热处理工艺、简易热处理工艺)、关键工序的“五定卡”等。在总工艺下创建工艺,工艺下创建工序,每个工序包含一页或多页,不允许多

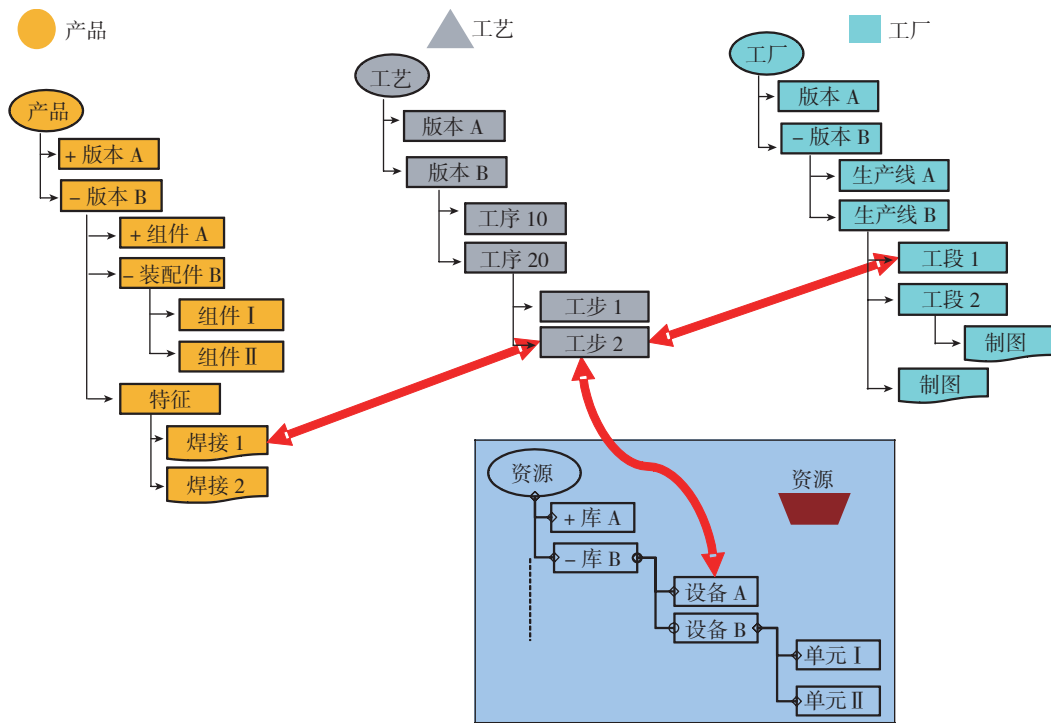


图2 工艺基本3PR模型

Fig.2 Basic 3PR model of process

个工序一页。工序下创建工步,总工艺和零组件关联,工艺和车间关联,工艺、工序、工步和设备工装关联。在工艺审批时,可根据不同的工艺类型选择不同的制造部门进行审批。最终形成工艺的总结构树,即结构化的工艺数据,见图3。将工艺数据结构化后,便于工艺数据的重用,适用于批产的零部件工艺设计。

工艺结构	查找编号	零组件:
000108/A;1-Part1总工艺 (View)		总工艺
000109/B;1-机加 (View)	10	机加工工艺
000110/B;1-毛料	5	型材毛料
000111/B;1-大车	15	通用加工
000113/B;1-shuk	25	数控工序
000114/B;1-jiany	35	检验工序
000115/A;1-数控工艺 (View)	20	数控工艺
000116/B;2-钎焊 (View)	30	钎焊工艺
000117/A;1-集件 (View)	10	集件工序
000118/A;1-rh	20	熔焊工序
000119/A;1-qh	30	钎焊工序
000123/B;1-大车	40	通用加工
000126/A;1-数控卧车	50	通用加工
000120/A;1-简易工艺规程 (View)	40	简易工艺
000121/A;1-简易热处理工艺 (View)	50	简易热处理
000127/B;1-机加 (View)	60	机加工工艺

图3 结构化工艺

Fig.3 Structuralized process

4.2 非结构化工艺

为适应试验工厂快速反应的要求,非结构化工艺将工艺数据下只关联零散的工序步骤只是在一个表单图纸中进行描述,而不需像结构化工艺那样按照步骤建立工序并形成结构化数据。从系统中来看,一个非结构化

总工艺下只有一个简易工序,没有结构化工艺中的树形结构。这种方式的特点是:工艺数据下只关联一个完整的产品工艺设计,不将具体的工序或工步进行细分,在工艺设计完成后,直接将工艺数据传至 ERP 进行生产任务的执行。满足了快速反应的需求,但同时也舍弃了数据重用的需求,只适用于快速反应要求高或单一件的生产任务。图4为系统中非结构化工艺示例。



图4 非结构化工艺

Fig.4 Un-structured process

4.3 与 ERP 系统集成

ERP 系统作为生产部门的重要管理系统,管理着生产任务的划分和实物资源的调配等重要工作。CAPP 系统通过与 ERP 系统的集成(图5),实现工艺设计数据向生产部门传递试制 BOM、工艺路线、生产流水等数据,并将 ERP 系统的材料信息、设备信息等读取到 CAPP 系统中的双向传递过程。由于涉及多种数据的双向交互,

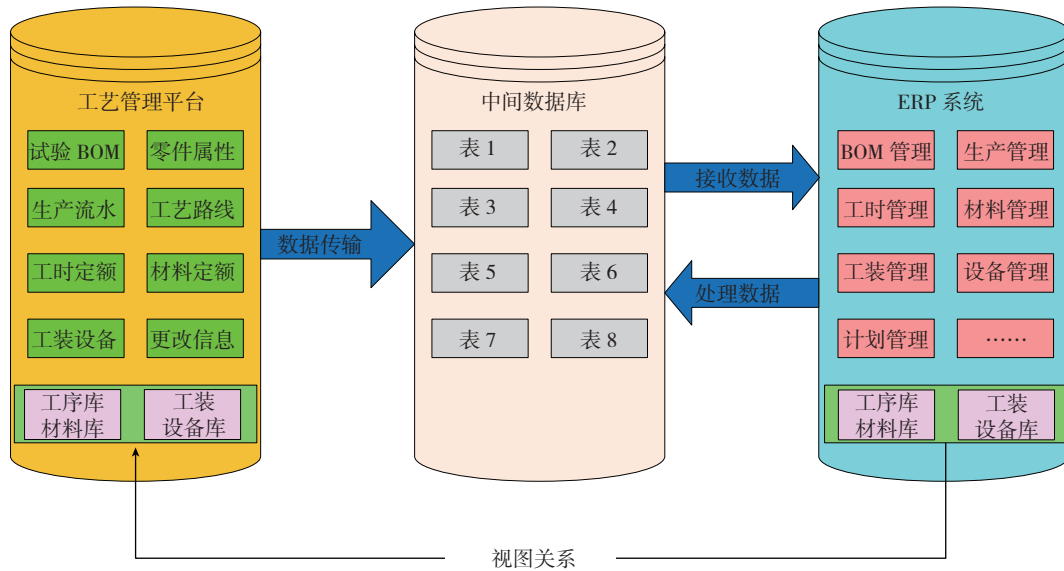


图5 CAPP系统与ERP系统的集成
Fig.5 Integration of CAPP and ERP systems

采用中间数据库的方式能够有效和及时地读写数据。

5 结束语

本文经过对航空发动机试验工厂业务特点的分析和对CAPP技术的研究,针对相应的工艺设计和生产特点,给出了CAPP系统的设计和实施方案。该方法的实施,实现了工艺设计与产品设计基于同一平台进行工作,在保证试验工厂快速反应要求的基础上,满足了设计与制造协同、单一数据源管理与工艺数据重用的要求,实现了CAPP系统与ERP系统的集成,完成了从产品设计到工艺设计,再到生产管理,最终到产品制造的整个产品研制过程的系统化连接,使航空发动机试验工厂的信息化进程向前迈进了重要的一步。

参考文献

- [1] Liu M, Bai L, Zhang S S. Modeling integrated CAPP/PPS systems. Computers & Industrial Engineering, 2004,46:275-283.
- [2] Manish K, Sunil R. Integration of scheduling with compute aided process planning. Journal of Materials Processing Technology, 2003,138:297-300.
- [3] Grabowik C, Kalinowski K, Monica Z. Integration of the CAD/CAPP/PPC systems. Journal of Materials Processing Technology, 2005,164/165:1358-1368.
- [4] Li L, Fuh J Y H, Zhang Y F, et al. Application of genetic algorithm to computer-aided process planning in distributed manufacturing environments. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2005,21:568-578.
- [5] 杜兵兵. CAPP在单件小批机械制造业中的应用[D]. 济南: 山东大学, 2012.

(责编 亿霖)

(上接第 22 页)

切,则按冷锻件图设计。切边时,冲头起传递压力的作用,所以它与锻件需有一定的接触面积,且形状吻合。在设计冲头时,主要是把与阴模间的间隙设计在冲头上。图5为某零件冲切模数模图。

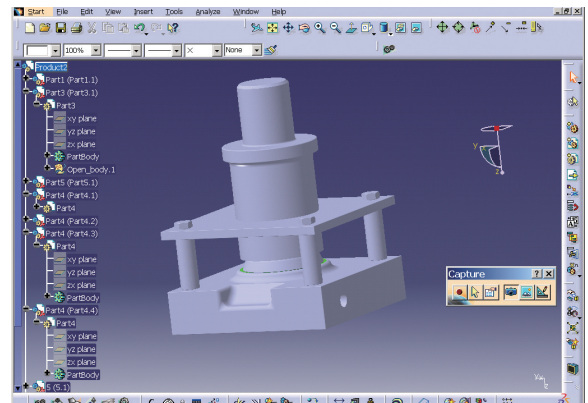


图5 某零件冲切模数模图
Fig.5 Punch die drawing of one part

6 结束语

模锻件并不像最终的零件产品一样,外形规整,而是一个“四不像”的实心体,在设计时有其自身的特点。用CATIA软件设计模锻件图及锻、冲模图时,难点为分模面的绘制及出模斜面的绘制。

CATIA软件的应用不但适应现代企业生产对热模锻开发的短周期、高质量、低成本要求,而且适应了现代企业发展的要求,还极大地提高了工艺技术水平。

(责编 叶枫)