

基于 PDM 系统的集成数控加工工艺准备平台

Platform of Integrated Numerical Control Machining Process Preparation Based on PDM System

沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司 马艳玲 张森棠 李美荣 赵 恒 周金泉
北京航空制造工程研究所 王 焱

[摘要] 本文对集成数控加工工艺准备应用平台的规划和构成进行了详细论述,并介绍了在现有的信息化基础设施和功能性软硬件条件基础上,集成数控加工工艺准备应用平台的开发与实施技术。

关键词: 数控加工工艺 PDM 集成 仿真

[ABSTRACT] The application platform of planning and composition of integrated numerical control machining process preparation is discussed in detail. And the development and implementation techniques of integrated numerical control machining process preparation applications platform are introduced based on the existing information infrastructure and functional software and hardware conditions.

Keywords: Numerical control machining process PDM Integration Simulation

1 总体技术和解决方案

以数控编程为核心的数控加工工艺准备是数控加工中最重要的环节。随着 CAD/CAM 技术的日臻完善,现有的数控加工工艺准备方式暴露出工艺数据离散、技术环节分散、控制过程粗放等新的问题,证明其已不能完全适应新技术的发展需要,成为了目前急需解决的企业技术难题。

1.1 应用需求分析

数控加工工艺准备涉及到创建零件加工模型、工艺设计、数控编程、仿真优化、工艺文件审签和数控文件管理等多个技术环节,应用到不同的功能性软件工具,并产生大量的过程数据,需要生成各种工艺文件,但由于缺少一个统一的工作环境,造成功能性软件工具、资源数据、设计过程和工艺文件等无法有效管理,而且技术环节间的数据传递只能通过手工方式进行,效率较低。

数控加工工艺准备依赖于零部件的特征信息或者产品结构信息,不同的工序/工步会使用不同的刀、夹、量、辅等工具以及设备,还需要编写不同的 NC 代码,这

样,以工艺信息为纽带的产品、资源、生产数据构成了复杂的资源数据架构。工艺准备错误往往要在最后阶段,甚至在制造阶段才被发现,造成返工率增加,返工周期长、成本高,进一步增加了产品的成本和开发时间。

并行设计强调产品开发的各环节之间实现最大程度的交叉、并行和协调,所谓“并行”并不是同时进行,而是逐步交替地实现设计、工艺、管理等活动,即工艺准备的每一步骤都最大可能地考虑到后续环节的约束,而不是等到整个设计阶段完成后再重新修改不恰当的设计。尽管工艺设计已经涵盖了工艺准备后期阶段的工作内容,但设计会产生什么效果,如何验证,由于没有一个有效的工具(方法、过程、流程),仍然是很难凭空想象的,只有经过相当长的时间才能发现潜在的技术问题。

目前,PDM 从概念普及阶段逐步走向大规模推广应用阶段,大量数据需要存储,与此同时,数据无序、重复且不确定性等问题无处不在。随着企业信息化的不断深入和业务流程再造的逐步深化,PDM 系统的重点将转移到管理产品开发过程、工艺设计过程和制造过程上来,由于产品设计数据、资源数据、质量数据等都与其他系统有大量的重叠现象,而且关联性也不强,突出表现为功能重复、数据冗余、信息分割和封闭等,围绕三维源数据的管理尤为突出,需要在工艺数据和加工数据之间建立一种本质上的关联,才能有效解决数据之间的无序问题,保证工艺准备过程数据之间具有很强的追溯性。

经过多年的数字化和信息化建设,企业的基础设施和管理手段不断完善,数控设备和技术不断更新,配置了型号研制所需的数字化设计、制造和管理软件,建立了型号研制的数字化环境,已具备了型号研制的数字化和大批量稳定生产能力,推进了企业信息化的进程。但是,由于企业自身技术条件和软硬件条件的限制,在数控加工工艺准备方面存在严重不足:

(1)企业内部 CAD/CAM/PDM 等功能性软件工具应用水平参差不齐;

(2)数控加工技术文件和过程数据管理缺乏有效

的控制机制,尚未建立单一产品源数据和资源数据库,工艺完整性、仿真准确性无法验证;

(3) 数控加工工艺准备应用环境尚不完善,数控加工过程的工艺数据和资源数据存在断层等。

1.2 解决方案

要保证数控加工工艺准备的一体化,实现诸多技术环节和资源数据的有效关联,必须将 PDM 和功能性应用软件进行一定程度的集成,以数控加工工艺准备过程控制为应用对象,构建以数控编程为核心的集成数控加工工艺准备应用环境。其中 PDM 系统担当一个公共平台的角色,提供统一的工艺信息、唯一的源数据(资源数据、功能性数据和关联数据),实现流程的电子化、结构化数据管理,以及过程数据的存储、分发、控制等功能。针对上述目标,解决方案如下:

(1) 搭建统一的数控加工工艺准备应用平台,建立面向工艺准备的统一工作模式,工艺人员始终在同一个系统环境下,完成同一源数据的多业务(技术环节)工作任务,无需在各种功能性软件之间频繁切换;

(2) 在 PDM 系统上集成各种功能性软件工具,实现 CAD/CAM、仿真验证、工艺优化等工艺准备工作与 PDM 系统之间的信息交换,保证功能性软件工具数据源的唯一性;

(3) 定义工艺准备工作流程和审批流程,实现业务流程的电子化;

(4) 建立工艺模板库、工艺知识库及基础资源数据库,实现数控加工工艺准备和技术管理之间的知识重用和资源共享;

(5) 实现工艺准备过程数据和工艺文件的统一管理。

1.3 集成数控加工工艺准备平台规划

集成数控加工工艺准备技术是以资源、操作和产品为核心,将产品制造要素、知识及其过程进行数字化表述,在统一的系统环境中,完成数控加工工艺准备的全过程,包括工艺设计、数控编程、仿真优化和工艺文件管理。简言之,集成数控加工工艺准备平台以产品数据、资源数据信息和加工工艺文件为基础,提供一个制造知识表达、提炼和重用的基础运行平台,为数控加工工艺的不断优化提供数据支持,主要解决如何组织资源数据并完成数控加工工艺准备全过程规划的问题,集成数控加工工艺准备平台规划(如图 1)。

集成数控加工工艺准备平台通过集成功能性软硬件,数据转换与通信采用 PDM 工程数据管理方法进行数据的统一管理(如图 2),实现设计—编程—管理的一体化。工艺设计时根据用户输入的零件特征信息、加工特征信息和标准化工艺规范,定制合理的加工工艺信息



图1 集成数控加工工艺准备应用平台规划
Fig.1 Application platform planning of integrated numerical control machining process preparation

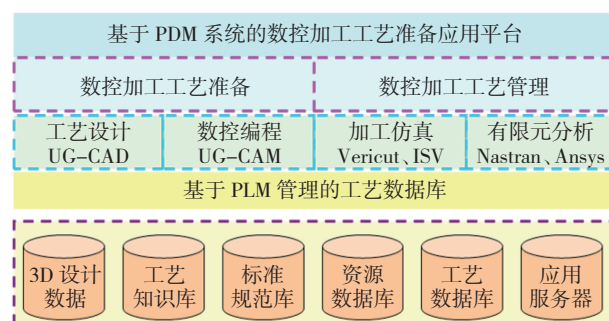


图2 集成数控加工工艺准备环境
Fig.2 Environments of integrated numerical control machining process preparation

和加工工艺文件,其加工工艺信息直接用于驱动数控编程模块进行编程,生成加工刀位文件。数控编程时将分别针对零件的典型结构完成相应的功能,然后根据切削参数库中的参数以及工艺信息和零件特征模型自动生成满足加工需要的所有数控加工程序。后置及仿真过程可将生成的加工刀位文件根据仿真配置文件和企业设备参数配置文件进行后置处理、加工仿真和优化,生成 NC 代码和仿真报告。最后完成数据管理,即根据预定义的模板自动生成过程文件和工艺文件,在 PDM 系统中集中存放管理。

1.4 应用平台主要构成

面向航空产品研发的集成数控加工工艺准备平台由系统层、数据层、应用软件支持层、应用层和协同客户层 5 个层次组成(如图 3)。

(1) 系统层。作为平台的核心,提供整个平台所有管理需要的服务,是一个统一的工作环境。实现对整个平台功能和管理系统的统一访问,集中管理工艺准备数据、工艺文件和业务流程。

(2) 数据层。存储各种资源数据、流程数据及知识

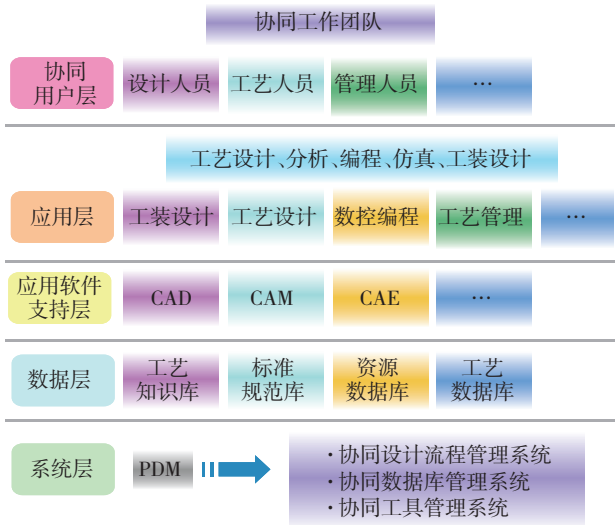


图3 数控加工工艺准备应用平台构成

Fig.3 Application platform composition of numerical control machining process preparation

等。包括了支持各个应用系统运行的数据库,如制造资源、技术标准、工艺知识等,以及工艺准备资源数据库,包括机床仿真环境库和后置处理程序库,能够被各类系统应用、共享。由于是基于结构化管理的理念来进行工艺准备管理,因此工艺准备任务的数据都是管理的对象,而不仅仅是功能性软件工具本身生成的数据。通过有效的结构化数据管理模式,可实现数据的保存、复杂查询、捕捉跟踪以及工艺文件生成等。并逐步将企业积累的各种知识经验应用于后继的项目和产品研发中,形成基于知识的工艺知识管理体系。

(3)应用层支持层。作为数据库、操作系统的技术基础,一方面可以作为一个独立的应用软件工具单独进行工艺准备中的某个技术环节的工作,另一方面可以运行于集成环境下,协同完成数控加工工艺准备,并保持数据共享和交互调用。

(4)应用层。提供各种功能服务,通过技术集成手段可以协调工艺准备过程中的数据流、模型与应用工具,实现复杂工艺准备的多任务协同工作,获得最佳的工艺数据和工艺文件。通过在系统环境下直接调用功能性软件工具来实现集成环境下的各项功能,包括工艺设计、数控编程、仿真验证等各项工艺准备工作,以及工艺准备数据和工艺文件的生成。

(5)协同用户层。通过系统的业务流程,协同工作团队在数控加工工艺准备应用平台上,建立数字化环境下产品、资源和工艺之间的关联关系。应用业务流程管理技术,使工艺准备中涉及到的设计人员、工艺人员、管理人员等相关人员在同一个平台上高效协同工作。通过业务流程方式将资源数据、信息、人员、业务紧密集成

在一起,形成项目和研发活动的可跟踪、可控制和可重复性的管理机制。

2 开发与实施

围绕集成数控加工工艺准备平台总体构想,在充分利用现有信息化基础设施和功能性软硬件条件的基础上,开发并构建了集成数控加工工艺准备应用平台,该平台通过了型号研制数控加工工艺准备的测试和系统应用,验证了集成数控加工工艺准备应用平台的正确性和有效性。

2.1 工艺规范化研究

数控加工工艺准备过程包括参数化建模、可制造性评价、工艺可行性分析、工艺编制、数控编程、仿真验证、后置处理、文件生成、工艺文件管理等技术环节,根据工艺准备的组织特点,梳理为数控编程、仿真验证、审签流程和工艺文件管理4个技术环节。统一定制了规范化的业务审批流程,使工艺准备审批过程电子化;建立了标准化的仿真验证、后置处理工作流程;根据零件数控加工的结构特点和加工方式,采取基于规则的工作模式,形成了一套完整的操作技术规范并制成应用模版。在数控加工工艺准备时,工艺员可依据工作任务的制造特征和企业资源状况作出工艺决策,选择规范化的审批流程和 workflows 完成工艺准备工作,包括从资源数据库中调用匹配的资源进行仿真验证和后置处理。

工艺模板库主要内容包括数控工步卡、仿真报告等,其中数控工步卡包括工序名称、工序说明、工步、机床设备及夹具等详细内容;工步的详细内容又包括工步名称、工步说明、特征类表、切削参数及刀具;其中机床设备及夹具、刀具与企业制造资源库紧密相关。仿真结果报告在任务完成由系统自动生成和管理,除零件号、工序号、夹具号和注意事项等非关联信息,以及公差设定或精度定义等任务设定信息需要手工填入外,仿真结果信息、资源数据信息和数控程序信息,以及资源数据库调用链接路径等均全部自动导入到仿真报告中,实现了仿真结果与精度之间的关联。

2.2 功能性软件集成

在数控加工工艺准备过程中,工艺人员会使用到各种功能性软件工具,因此完成一个完整的工艺准备过程,需要切换多个软件界面,数据的导入导出也相当繁琐。

集成数控加工工艺准备平台采取了接口集成的方式将功能性软件集成在 PDM 系统上,这样可以保证软件只是作为工艺人员完成工艺准备任务的工具,而不涉及设计数据、资源数据和过程数据的管理,通用的系统初始化设置、信息输入输出、加工模型构建、数控编程,

以及仿真验证和工艺文件生成等基本功能由软件工具完成,而资源调用、业务流程管理、工艺文件管理等功能则由 PDM 承担。

2.3 工艺数据管理

工艺准备过程会产生大量的数据文件和不同的版本,以往这些文件均分散存储在工艺人员的个人电脑里,无法进行有效管理,而且多工作任务之间的数据交换必须通过人工方式,效率非常低下。为解决该问题,采取了工艺数据和文件版本的集中管理方式,数控加工工艺准备生成的全部工艺文件提交给 PDM 统一管理,而执行工艺设计任务所需的资源数据及工艺模板等数据则由 PDM 提供,考虑到共享和交换大量产品数据的前提条件是 CAD 产生的设计数据已经保存到 PDM 数据库中,采取了以下解决方法:

(1) 只有登录 PDM 的合法用户才有权限操作提交给 PDM 工艺数据;

(2) 通过用户认证后,依据 PDM 的角色机制和访问控制策略确定可使用的功能和对工艺数据的操作权限;

(3) 工艺数据一旦提交成功,该数据就开始经历 PDM 对它生命周期和版本的管理,并接受安全性控制,直到被废弃;

(4) 把各项不同的工艺任务作为工艺准备的不同节点,利用 PDM 的过程管理功能,对工艺任务执行过程进行监控,集成在 PDM 的工艺任务不再是单一孤立的技术环节,而是集成数控加工工艺准备应用环境下的有机组成部分。

2.4 工作任务流程管理

工艺准备项目繁多,目前主要通过人工分配和协调的方式进行,工作效率比较低,缺乏一个能够对项目任务流程进行任务分配和流程监控的系统。工作任务流程管理依托系统环境,依据任务性质定义发布业务流程,由 PDM 系统自动运行、分配、管理和监控业务流程的执行。

通过树形结构的管理将每个零件下工艺、工序、工步清晰化,可以通过检索和查询方便了解每个零件的工艺准备情况。当整个数控工艺准备完成时就可以发起审签流程,经过编制、校对、批准三个环节后该数控工艺生效。工作任务流程管理改变原本人工分配和协调的方式,利用流程的管理有效控制了规范和制度的落实。

2.5 资源数据库

资源数据库包括用于加工几何仿真的机床仿真环境库和用于生成数控程序的后置处理库,工艺人员通过调用资源数据库的资源完成数控程序的生成和仿真验证。数控加工几何仿真调用资源数据库中的机床仿真环境,进行基于加工设备的运动仿真和优化,如仿真中

发现问题则反馈到数控编程重新调整参数生成新的刀位文件,如程序准确无误直接输出优化后的 NC 加工代码文件。后置处理模块根据企业设备参数配置文件提供的设备参数对数控编程模块产生的刀位文件进行后置处理,把数控编程模块输出的刀位文件转换成 NC 加工代码文件。

3 结束语

通过上述分析和阐述,可得出集成数控加工工艺准备应用平台具有如下特点。

(1) 集成数控加工工艺准备技术使分布在不同部门的工艺技术人员,在统一的系统环境下、运用统一的方法、按照统一的流程,并行、交互、协同地进行工作,实现了数控编程、仿真验证、文件管理等多个技术环节的有效关联。

(2) 将易用的功能性软件工具和 PDM 系统巧妙地结合起来,从而将复杂、分散的软件应用过程转化为简单快捷的创建、编辑、运行的实时工具应用,工艺技术人员无需具备专业的软件使用背景,软件只是作为一种应用工具而使工艺准备工作变得更容易。

(3) 基于规则的数控加工工艺准备过程和业务流程,通过简化工作流程、规范业务工作、集成与共享资源数据,能够准确、可靠、快速地实现工艺文档传输和工艺审签的流程化管理。

(4) 将各种新工艺、新技术、新方法集成在同一个系统环境下,完成了由局部到全局,由分散到集成的无障碍过渡,工作任务与功能性软件工具同步关联,工作质量也不完全依赖于工艺人员自身的技术水平。

(5) 资源数据库和工艺知识库帮助工艺技术人员和技术管理人员快速地浏览、检索资源数据和工艺信息,保证工艺准备工作的准确性、一致性,并具有很强的可追溯性。

随着现代制造技术向高精度、高效率、自动化和信息化发展,对数控加工工艺准备的要求越来越高,传统的相对分散的工作模式和管理理念、方法和技术手段已不能适应技术发展的需要,急需利用现有的数字化基础设施条件,结合企业工作实际,构建基于网络的数控加工工艺准备平台,逐步规范数控加工工艺准备管理工作。

参考文献

- [1] 李薇. 飞机工装数字化设计 / 制造 / 管理集成技术应用. 航空制造技术, 2009 (11): 48-50.
- [2] 王永栓. 航空工业数字化协同现状与发展. 航空制造技术, 2009 (11): 62-65.
- [3] 安世亚太. 企业精益研发体系建设. 航空制造技术, 2010 (3): 88-89.

(责编 泰山)