

# 基于 Teamcenter 的航天器产品数控编程管理研究与实现

Research and Application for Management of Spacecraft Product NC Programming Based on Teamcenter

北京卫星制造厂 郑立彦 林小青 钟振宇 王小丹



郑立彦

硕士研究生,工程师。毕业于西北工业大学航空宇航制造工程专业,现从事于航天器产品的数字化制造工作。

随着信息化技术的不断发展及应用的深入 CAD/CAM/CAE/CAPP 等数字化单项技术已经在卫星、飞船等航天器产品的研制过程中得到普遍应用,有效地支撑了产品设计、制造、仿真分析等工作。数控加工是航天器产品制造的重要环节,数控编程技

在对航天器产品数控加工的特点及传统数控编程管理方式分析的基础上,基于 Teamcenter 2007 系统提出数控编程管理解决方案并在生产实际中进行了应用实践。

术是数控加工中的关键,也是 CAX 技术最能明显地发挥效益的环节之一<sup>[1]</sup>。传统的航天器产品在数控编程过程中由于缺乏统一的数据集成管理平台,使涉及的 CAX 技术的应用处于单点、局部的状态,衍生的技术文件分散在不同的计算机或信息系统中,因此产生大量信息孤岛,不能形成对数控编程过程规范有效的管理,从而无法满足航天器产品对于产品质量与效率的较高要求。针对以上问题,本文在对航天器产品数控加工的特点及传统数控编程管理方式分析的基础上,基于 Teamcenter 2007 系统提出数控编程管理解决方案并在生产实际中进行了应用实践。

## 问题分析与整体解决方案

数控编程工作包含几何模型建

立、走刀路线规划、刀位轨迹处理等一系列工作,衍生出几何模型、数控程序等大量技术文件。传统的航天器产品数控编程过程由于缺乏统一的数据集成管理平台,数控编程工作由编程人员基于计算机本地环境进行,衍生的技术文件被手动上传至 PDM 系统进行审批管理,产生以下问题。

### 1 数控编程过程缺乏有效管理

数控编程是一个动态、连续的过程,技术文件在编程过程中会不断地被修改,传统的 PDM 系统虽然具备一定的文件管理功能,但由于仅仅是对结果的记载,无法对文件的生成过程形成有效的管理。

### 2 产生信息孤岛

产品几何设计模型、几何加工模型、数控程序等技术文件之间的关联

性较差,容易形成信息孤岛,为数据信息在下游环节的应用造成了一定的阻碍。

### 3 技术状态管理混乱

航天器产品制造具有单件小批量、技术难度大等特点。随着型号任务的不断增加衍生的技术文件数量巨大,计算机本地环境下用户目录管理的方式使文件处于多状态交织的工作状态,从而严重地阻碍了编程效率与质量的提高。

PLM 技术通过将各个 CAX 信息化孤岛集成起来,利用计算机系统控制整个产品的研制过程,并逐步建立虚拟的产品模型,最终形成完整的产品描述、生产过程描述及过程控制数据<sup>[2]</sup>。Teamcenter 2007 是当前应用最为广泛的 PLM 系统之一,可实现对数据、资源、过程等整套制造数据的管理。基于 Teamcenter 2007 与编程软件的紧密集成构建数控编程集成管理平台,按照实际业务需求进行客户化配置,不仅能够基于数控编程业务流程整合各类 CAX 信息资源,使产品设计文件、数控程序、加工模型等技术文件得到集中管理并彼此关联,消除信息孤岛,为下游环节工作的开展提供单一数据源;同时,通过制定编程管理规范对数控编程过程中技术文件的技术状态管理等行为加以约束,使数控编程人员基于同一平台、同一约束机制工作,实现对数控编程过程与数据的规范化管理,如图 1 所示。

## 解决方案规划与实现

### 1 系统集成与客户化配置

#### (1) 集成环境搭建。

目前航天器产品数控编程常用的编程软件为 UG NX4, 其对 Teamcenter 2007 具有良好的开放性,两者通过集成工具 NX Manager 实现紧密集成。NX Manager 是 Teamcenter 2007 的一个封装装置,集成环境的搭建通过将 NX Manager 作

为一个功能部件进行安装的方式实现。集成环境下 NX Manager 直接服务于 Teamcenter 2007 的电子库,将文件实体存放在卷内,相关信息存放在数据库内,通过集合 UGNX4 的模型文件创建能力与 Teamcenter 2007 对文件的管控能力实现对数据文件的紧密集成及有效组织管理。

#### (2) 客户化配置。

集成环境搭建后应根据航天器产品数控编程业务的实际情况对集成环境进行客户化配置,主要包含编程模板文件集成、数据对象属性表定制、数控程序文本格式扩充、后置处理改造等内容。该配置可通过 Teamcenter 2007 的批处理命令、客户化业务建模器工具 (BMIDE) 等多种渠道实现。

#### a. 编程模板文件集成。

航天器产品中大量零件可划分为壁板类、壳体类、环柱类等多个类型,同类零件在数控程序编制的方法上具有相同或相似性。加工模板是包含预定义的加工参数和加工对象组的 UG NX4 内部文件,可使同类零件的编程经验得以固化并能减少

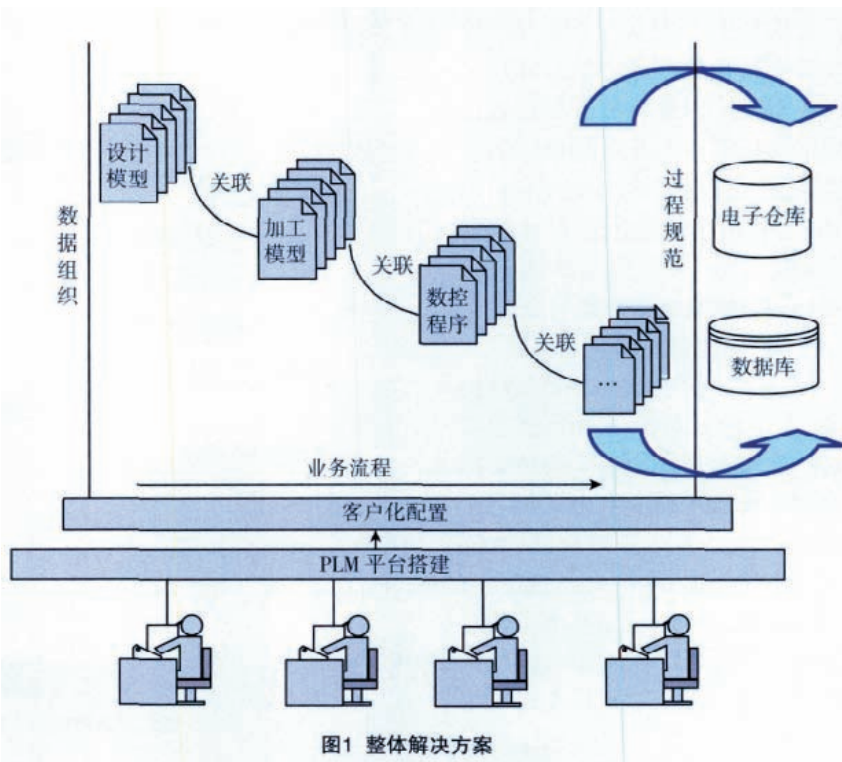
定义参数的重复劳动。模板文件基于计算机本地环境定制,并将其作为 UGmaster 类型的数据集文件手工导入 Teamcenter 2007 的模板文件“CAM\_Setup\_Templates”中以实现系统对模板文件的集成。

#### b. 数据对象表定制。

集成环境下的数控编程业务涉及多种数据对象,每种数据对象具有各自的属性,往往通过其属性表单体现(属性表单定制在 BMIDE 中完成)。按照航天器产品的属性特征设置表单内容,如产品代号、研制阶段等,对各属性项逐一设置属性变量,并对变量的类型、名称、大小、在表单中的布局方式及对应的扩展内容进行定义,经过系统部署即可完成表单的定制。

#### c. 数控程序文本格式扩充。

航天器产品数控机床配备系统具有多样化特点,不同的数控系统对数控程序文本格式的要求不同,如 .txt、.h、.ptp 等,在集成环境下需要对文本格式进行客户化扩充以满足集成环境对于不同文本格式数控程序的管理。在 BMIDE 中查找集



成环境下数控程序的数据集类型“UGCAMPTP”，并对该数据集类型添加所需要的各种文本格式类型，经过系统部署后实现文本格式的扩充。

d. 后置处理模板改造。

集成环境下刀位轨迹后处理工作利用由 UG NX4 的后处理开发工具 UG/Post Builder 生成的后处理模板文件进行。后处理模板文件分为事件处理器(\*.tcl)与机床定义文件(\*.def)，并与刀位轨迹共同作为 UG/Post Processor 的输入条件以生成数

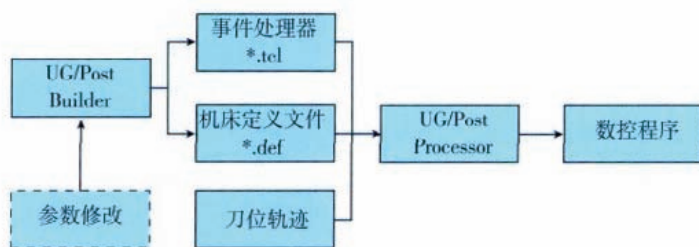


图2 集成环境下的后置处理流程

控程序，如图 2 所示。为满足航天器产品数控加工现场部分机床控制系统的要求，在后处理模板文件的设置中需要提取产品代号、型号代号等信息作为数控程序的辅助信息。由于集成环境下对应的部分参数变量可能会发生变化，沿用原始的后处理模板文件会使数控程序中的对应信息以乱码显示。因此需要按照各数控系统的实际需求对集成环境下的参数变量进行检查核对，并在 UG/Post Builder 中进行变量更改，使生成的后处理模板文件满足控制器要求。

## 2 数控编程数据组织管理

### (1) 产品对象模型。

Teamcenter 2007 利用产品数据对象、工艺数据对象等对象模型实现对产品生命周期中各个阶段数据的管理。将航天器产品中的每一个零部件作为一个产品对象，以 Item 表示，其中包含 Item、Item 属性表单、Item 版本和 Item 版本属性表单四部分。产品结构通过 Item 间的父子关系体现，通过两种方式实现搭建：一种在结构编辑器(PSE)内手

工搭建；另一种是通过 NX Manager 的装配体导入功能，自动将 UGNX4 模型文件中的装配层级关系转化成 Teamcenter 2007 系统中的父子关系，并自动获取零件 ID、零件名称等相应属性信息。

### (2) 工艺对象模型。

数控编程数据作为产品工艺数据的一部分，由工艺对象组织管理，Teamcenter 2007 将工艺规划中的工艺、工序、工步均作为数据处理对象，这些工艺对象具有与 Item 相同的结

构包含该工序的几何加工模型、数控程序、刀具信息等数据文件，产品数据与工艺数据通过产品对象与工艺对象实现关联，如图 3 所示。

几何加工模型通过独立建模、从本地计算机环境导入历史模型及装配设计模型三种方式构建。由于航天器产品数控加工往往包含多个工序，每个工序对象对应各自的几何加工模型，不同工序间几何加工模型的差异较小，若各工序的几何加工模型都单独创建则占用较多的数据库资源，且为实际操作带来不便。因此将设计模型作为各工序加工模型的子装配体，从而减小工序模型对系统资源的占用，并使各工序模型之间能够自动保持同步更改。

组合加工是指在产品零部件装配或焊接成形后对整件进行加工，在航天器产品加工中有着广泛的应用，几何加工模型涉及多个零部件的装配。在集成环境下，组合加工几何模型的创建首先须在系统内查找所需零部件对象的几何模型，再根据约定的版本配置规则确定模型文件的有效版本，最后对各模型文件执行装配操作以生成所需的模型。由于系统

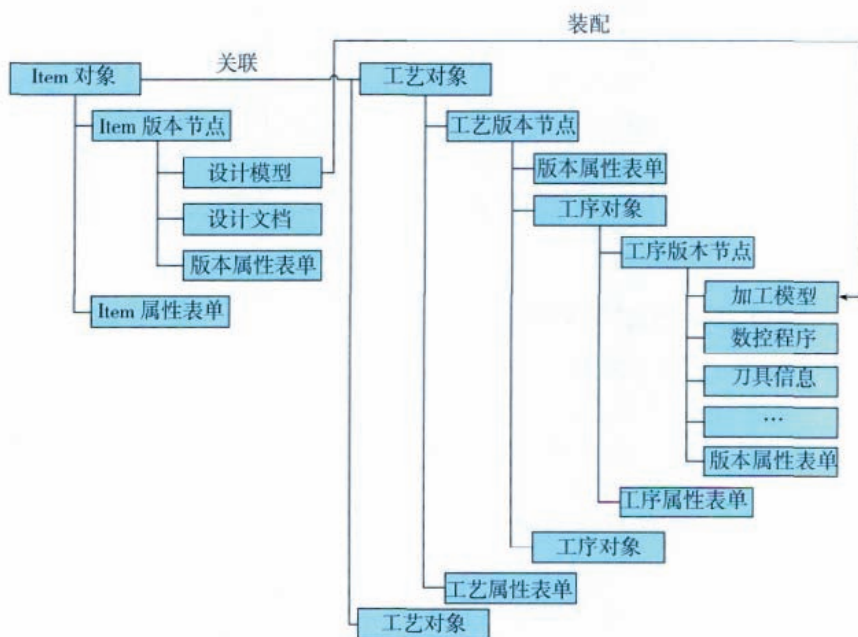


图3 产品对象、工艺对象的结构及关系

自动将模型间的装配操作转化成对应 Item 之间的关联,因此当某一子装配体发生变更时,组合加工模型及其属性信息会自动被更新,避免了由于局部零件变更而产生的质量隐患。

### 3 数控编程管理规范定制

#### (1) 版本管理。

Teamcenter 2007 提供多种版本管理机制,在航天器产品数控编程过程中采用数据集版本与对象版本相结合的方式实现对数据文件的全过程管理。其中,数据集版本以数据文件的保存操作为标记,各版本下的文件可被作为新版文件重新使用,有效地保证了数据的可追溯性与重用性。对象版本以流程审批为标记,流程审批结束后,数据文件被自动赋予发布状态,再次修改需要执行换版操作,并按照相应的版本配置规则使用。

#### (2) 流程审批。

在流程审批过程中首先创建审批流程模板,具体包含对审批节点、人员、权限等内容的设置。其中审批节点根据实际审批流程创建,节点动作设置规定可以执行的操作,人员设置包含对审批人员角色、数量及相应权限限制。按照航天器产品编程数据的管理规范建立数控编程审批流程模板,如图 4 所示,包含编制、校对、审核、标检、批准五个节点,由编程人员以工序对象组织数控加工数据作为送审文件发起流程,并指定各节点审批人员按照权限设置执行

相应的审批操作,当流程在任意节点被驳回时返回主编制节点,审批流程结束后送审文件自动变为发布状态。

#### (3) 权限设置。

Teamcenter 2007 具有静态权限、动态权限、对象权限、项目权限等多种控制方式。在航天器产品的数控编程管理中采用静态权限、动态权限与对象权限相结合的方法实现对编程数据与过程的安全控制。其中,静态权限通过利用 AM 规则控制各角色人员对编程中涉及的产品对象、工艺对象等各类对象,数控程序、加工模型等各类数据集文件的访问权限,如编制者具有读、写、更改等权限,同角色其他人员具有读、复制等权限。动态权限通过对数控编程审批流程中各节点人员权限分配设定,如编制者是流程发起人,流程发起后任何人员对送审文件无编辑权,审批人员仅有查看权;对象权限由数控编程数据编制者通过更改某一特定数据对象的访问权限实现对特定数据权限的变更,以灵活满足因人员调动、业务调整等情况引起的数据调整需求。

## 应用

### 1 数控程序编制

数控程序编制包括加工方案规划、创建刀位轨迹、后置处理等一系列工作。在集成环境下,根据加工方案构建产品对象结构、编程数据对象结构,在 UGNX4 加工模块内通过创建 Operation,并结合加工模型在 Operation 中设置加工对象、刀具导动方式、切削步距等,此时,加工参数自动生成刀位轨迹。刀位轨迹不能直接在数控机床上使用,须通过后置处理转换成数控机床识别的特定程序,并选择相应的后处理模板文件,生成数控程序临时放置在本地的磁盘下的临

时文件夹内。当加工模型文件被执行保存操作时,程序实体被加密提交至卷内,关系属性被提交至数据库,使生成的数控程序自动保存在其加工模型所对应的工序节点下。

### 2 数控程序检验

数控程序检验是保证航天器产品质量与可靠性的重要手段之一,Teamcenter 2007 系统为检验工作提供了公共平台与单一数据源。在集成环境下检验工作贯穿于流程审批工作中,检验人员按照审批节点人员角色的权限设置共享数据文件并进行程序检验,消除了数据文件的人为传递,提高了数据的准确性与唯一性。对于形状复杂、编程周期较长的产品,检验人员通过跟踪编程的过程及时发现过程中出现的问题,有效缩短编程周期。同时通过高端可视化工具及虚拟样机,检验人员借助轻量化模型无须启动 UG NX4 就可通过对加工模型旋转、平移、缩放进行浏览或标注,为检验工作提供了方便。

## 结束语

Teamcenter 在数控编程中的应用有效地解决了数字化技术缺乏信息共享平台的矛盾,使几何加工模型、数控程序等技术文件得到规范管理,有效地提高了数控编程的质量与效率;积累了大量准确的产品数据,加强了企业对产品信息的积累与重用能力;为下游环节工作的开展提供了单一数据源,使车间现场的生产准备单元快速、准确地获取加工信息,进而为提高航天器产品的质量与效率奠定了坚实的基础。

## 参考文献

- [1] Ravi Sandhu, Rationale for the RBAC96 family of access control models. Proceedings of the ACM Workshop on Role-Based Access Control, 1995:1-8.
- [2] 周代忠. 面向航空发动机 PLM 数控程序管理系统研究与应用[D]. 大连: 大连理工大学, 2009.6. (责编 岭雾)

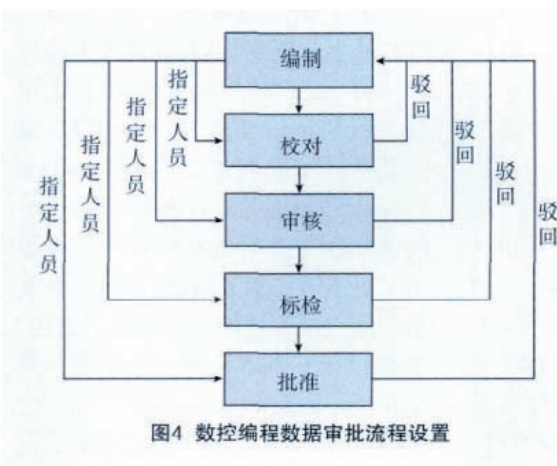


图4 数控编程数据审批流程设置