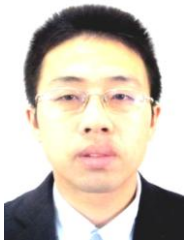
三维工艺设计系统研发与应用实践

吴新录 杨卫华 杨 晨 孙 莹 袁维佳
（首都航天机械公司，北京 100076）



摘要：针对当前 CAPP 系统无法满足企业型号三维研制需求等问题，结合当前型号研制从三维到工艺、三维到现场的发展趋势，自主研发了一套三维工艺设计系统（简称 PPS），本文从系统整体架构、开发设计思路、数据集成接口及应用实践方面对 PPS 进行了详细介绍。

关键词：三维工艺设计；软件开发；数据集成

3D Process Planning System Development and Application Practice

Wu Xinlu Yang Weihua Yang Chen Sun Yin Yuan Weijia
(Capital Aerospace Machinery Company, Beijing 100076)

Abstract: Aimed at the current problem of CAPP system can't meet with the enterprise requirement for model 3D development, also combined with the tendency of changing from 3D to process, 3D to field, the Capital Aerospace Machinery Company researched and developed independently a set of 3D Process Planning System(PPS). In this paper, the system architecture, the thought of development design, the data integration interface and application of PPS are introduced in detail.

Key Words: 3D process design; sofeware deveplopment; data integration

1 引言

首都航天机械公司作为引领航天制造为使命的总装制造集成企业，企业的信息化、数字化水平成为其自身不断发展的关键。经过“十一五”期间的发展，信息化建设取得了较大发展，同时新型号研制也由传统二维研制向三维研制过渡，这些对三维工艺设计及信息集成提出了更高的要求。工艺数据的信息集成主要包括以下几个方面：与上游设计数据的集成；与制造资源系统的集成；向生产、质量过程控制的信息输出。

针对上述集成及输出需求，自主开发了面向企业信息集成的三维工艺设计系统，改变传统表格化工艺设计管理方式，采用工艺信息结构化处理技术、面向企业信息集成的接口技术，最终实现工艺设计系统与上游产品数据管理系统、下游质量管理系统、制造执行系统的集成及应用。

2 国内外工艺设计系统现状

2.1 国外工艺设计系统现状

HMS-CAPP（美国）：它主要应用于机加和装配等工艺设计与管理。提高了效率，减少了变更，提高了数据的准确性，实现了指令的无纸化，能有效提高工艺的规划和验证水平。

CS/CAPP（美国）：可管理工装、NC 文件、质量数据、物料、工作指令、图形、多媒体等数据对象。

2.2 国内工艺设计系统现状

KM-CAPP（开目 CAPP）：具有系统管理、工艺管理、工艺设计、工艺资源管理、工艺规则管理、辅助管理等功能模块。在国内的航天、兵器、船舶等行业具有较广的应用。

TH-CAPP（天河 CAPP）：是典型的“所见即所得”的卡片式工艺设计系统。实现卡片与工艺数据分开存储，具有比较强的二次开发功能。

作者简介：吴新录(1981-)，工程师，虚拟制造专业；研究方向：数字化工艺设计、企业级应用系统开发。
收稿日期：2012-11-09

2.3　首都航天机械公司信息化现状及发展趋势

随着新一代运载火箭为代表的新型号三维数字化设计不断深入推进，基于三维的数字化工艺协同设计已经成为必然。而作为国内最大的航天产品研制生产单位，现有的 CAPP 系统已经远远无法满足当前三维模式下对系统功能的需求，迫切需要建立一套三维数字化工艺设计系统，面向设计制造集成，形成三维数字化工艺设计与管理、制造资源及工艺知识管理、工艺设计仿真集成等能力，满足型号数字化设计制造协同需求。

在新型航天产品研制过程中，日益重视并广泛应用数字化技术，特别是三维建模、数字样机等技术加快了产品研制效率。原有的 CAPP 系统主要面向传统二维图纸的产品设计制造，无法准确表达数字化工艺设计中的三维工艺模型、工艺仿真等三维元素。虽然国外已经具备了成熟的三维数字化工艺设计及管理平台，但由于系统核心技术封闭、平台实施费用高、国内航天产品工艺管理特殊等问题，必须建立一套具备航天特色和自主知识产权的三维工艺设计系统，才能解决当前国内航天领域所面临的基于三维工艺设计的软件技术瓶颈，形成与我国航天地位相匹配的软件品牌。

在当前航天产品制造领域中，由于新型号研制周期的不断缩短，老型号批产任务的不断增多，对工艺人员的快速响应能力要求越来越高。通过多年的发展，航天工艺人员已经积累了相当丰富的工艺设计知识和制造资源数据，但这些宝贵的工艺知识和制造资源数据无法得到有效、合理的保存及利用，不利于企业快速查找和重用，制约了航天产品制造技术进一步提升。为此，实现制造资源和工艺知识的管理成为必然。在工艺设计全程中实现对工艺知识的快速查找和引用，才能解决上述问题。

2.4　现有 CAPP 存在的问题

综合国内外 CAPP 的应用情况来看，CAPP 暂时都无法解决面向企业信息集成问题。随着计算机集成制造技术在企业中的广泛应用，工艺设计不再是一个单独的信息系统，如何与企业应用的其他系统相集成，实现整个企业、整个产品全生命周期的信息集成管理是现有 CAPP 系统无法实现的。并且，现有的 CAPP 无法有效地积累企业的三维设计经验，其主要是基于二维环境，不能实现三维模型在工艺设计中的完整表达。工艺设计系统如何兼容三维设计模型、适应三维设计的发展与应用是现阶段的重要问题之一。

数据无法重复利用。传统 CAPP 采用所见即所得的表格化编制模式，工艺规程中的数据无法有效提取，这就给信息复用带来了很大的困难，工艺员往往需要进行二次录入，大大影响了工艺设计效率。

随着企业越来越多地采用三维 CAD 进行产品设计，原有的 CAPP 系统主要面向于传统二维图纸的产品设计制造已经无法满足需求，无法实现基于三维模型的产品设计，无法满足三维工艺模型、装配仿真动画元素添加的需求。

3　三维工艺设计系统技术实现

3.1　总体技术方案

三维工艺设计系统，采用 C#开发语言，基于 VS2008 开发工具，综合应用诸如 XML、Linq、JQuery 等技术，针对目前市面上工艺设计系统不能解决三维到工艺、三维到制造，实现数字化工艺生命周期管理的现实问题，设计开发了一套适应航天制造企业的工艺设计系统平台，突破和解决了系统开发过程中相关核心技术，较好地实现了现代企业对工艺设计系统不断变化的难题，达到数字化工艺生命周期管理的目标。

新一代工艺设计系统实现结构化的数据与 PDM、ERP、质量管理、MES 的无缝集成，系统总体采用传统的三层框架，分为数据库层、业务逻辑层、展现层。系统总框架如图 1 所示。

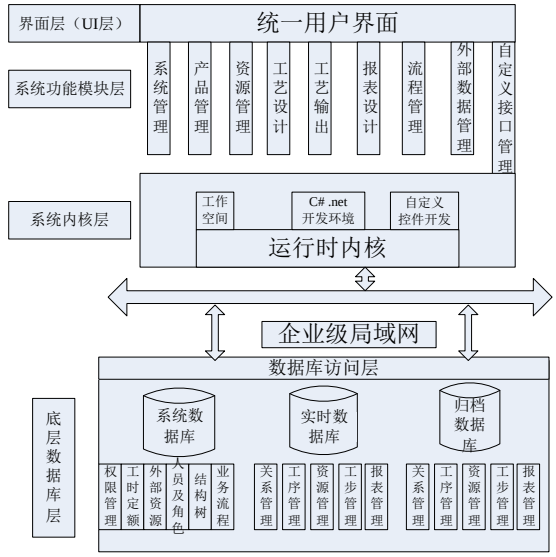


图 1　工艺设计系统框架图

3.2 系统组成

三维工艺设计系统由 UI 层、业务逻辑层、数据库层、系统集成四部分组成。

系统用户访问层是 UI 层，即统一用户界面层。不同的用户角色如工艺员、型号主管、系统管理员、流程审批人员通过 UI 层进行业务处理，UI 层包括：工艺设计、系统管理、工时定额等模块。

系统的中间层是业务逻辑层。该层主要包括系统应用组件与系统核心组件、自定义开发组件等几个部分。系统应用组件主要根据业务需求进行数据和逻辑运算。比如，实现工艺规程的编制、审批、归档、更改等管理。系统核心组件包括了对象的定制、用户的管理、系统权限的控制、业务流程的审批及集成接口等。自定义开发组件为不断变化的企业应用提供定制功能。这些组件构成了这个平台的基础。

系统底层是数据库层，包括系统数据库、实时数据库、归档数据库，为业务逻辑层提供统一数据接口。

系统集成方面，通过与 PDM/PLM 平台集成实现工艺 BOM 数据的获取，通过与 ERP 系统集成获取制造资源信息，系统除拥有内置流程管理模块外还具备与企业其它业务流程平台的集成能力，同时系统可为 MES 系统、质量信息管理系统提供相应的工艺数据接口，为成本工程提供工时定额数据接口。

工艺设计系统不仅满足了工艺文件的编制、管理功能，还能为生产制造相关系统提供数据支撑，提供完全结构化的数据。

3.3 系统集成

通过梳理现有业务系统，抽取业务流程、数据及当前业务系统功能等信息，实现企业内各业务系统的集成。工艺设计系统与业务流程、PDM 实现双向集成，与 ERP、质量管理系统等实现单向数据传递。系统间集成框架如图 2 所示。

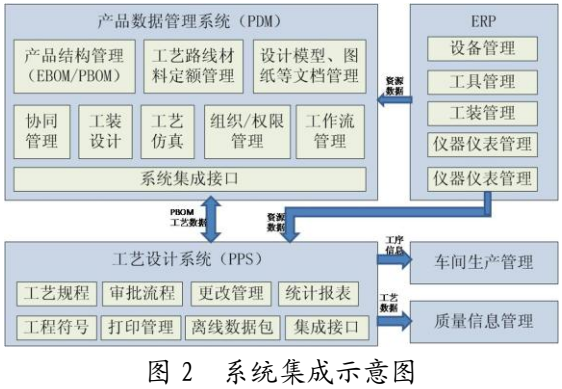


图 2 系统集成示意图

4 三维工艺设计系统应用

4.1 工艺设计系统 1.0 版的研发

2007 年，正式启动工艺设计系统建设项目，对现有 CAPP 中的所有表格进行了统一，在保证内容完整性前提下对格式进行了简化整理，对其中的表格样式进行了详细分析，逐步形成了面向结构化工艺的数据模型，并在此基础上开展系统的详细设计，主要解决了系统结构化建模、机械工程符号处理、Web 页面打印输出、历史 CAPP 数据导入等问题，于 2008 年底，初步形成了工艺设计系统的第一个版本。

4.2 典型型号产品试用

2009 年，结合某重点型号三维数字化设计制造试点项目，开始工艺设计系统 1.0 版本的试运行，并在车间现场进行了正式下发，从而为系统的进一步完善奠定了基础。在此过程中，逐步提出了标准化数据接口、PDM 系统集成、ERP 系统集成、质量信息系统集成等问题，为后续版本的成功研发提供了强有力的支持。

4.3 获取软件著作权

工艺设计系统（PPS）在独立开发完毕之后，即向国家版权局申请了计算机软件著作权登记，经认定，首都航天机械公司拥有完全自主软件著作权。

4.4 研制工艺设计系统 2.0 版

经过近 1 年的试运行后，结合型号及车间现场需求，开始工艺设计系统 2.0 版的研发。在实现基本的结构化工艺编制的基础上，更加注重系统的开放性、集成性及用户体验，并对系统架构进行了全面优化，大大提高了系统响应速度及稳定性。同时，重点研究了基于三维轻量化模型的人机交互、基于 XML 的自适应接口定义技术，形成了自定义格式的离线电子数据包，并开发了基于离线固定终端和移动终端的阅读浏览工具，大大提高了系统的适应性，为系统的全面商品化应用奠定了基础。

4.5 全面替代原有 CAPP 系统

2011 年，在某新型号中全部采用新一代工艺设计系统编制工艺规程；2012 年 6 月，其他各型号工艺规程逐步开始在工艺设计系统中进行编制，目前已形成工艺规程七万五余份。与此同时，与新一代工艺设计系统相配套的标准规范编制工作也全面启动，部分已以工艺通知单、企业标准的形式进行下发。

（下转第 33 页）