

航空制造企业面向协同的工艺并行设计系统研究与应用*

Research and Application on Concurrent Process Planning System Based on Collaborative Technology in Aviation Manufacturing Enterprise

西北工业大学 CAPP 与制造工程软件研究所

贾晓亮 张振明 田锡天 黄利江 耿俊浩

[摘要] 提出了面向协同的工艺并行设计方法。分析了 CSCW 技术及制造企业工艺技术工作的应用现状,建立了工艺协同设计模型。以某航空制造企业基于 CAPPFramework 和 Teamcenter 集成开发的协同工艺设计系统为背景,建立了 CSCW-CAPP 的系统架构,对工艺协同设计中的关键流程进行了详细论述,并以 XML 为工具进行了协同系统协同过程的通信、合作和协调的形式化描述。

关键词: 航空制造 CSCW 工艺协同设计 CAPP

[ABSTRACT] The approach to collaborative process planning based on CSCW is put forward. The CSCW technology and the application state in process planning in manufacturing enterprise are analyzed. Collaborative process planning model is also founded. Based on the development of collaborative process planning based on integrated on CAPPFramework and Teamcenter in an aviation manufacturing enterprise, the architecture of CSCW-CAPP system is founded. Key technologies of collaborative process planning are discussed in detail. XML tool is used for the communication, cooperation and harmony of collaborative procedures in CSCW-CAPP system.

Keywords: Aviation manufacturing CSCW Collaborative process planning CAPP

制造业是衡量一个国家经济实力的重要指标,IT 技术和通信技术的迅速发展极大地改变着制造业工作方式,以信息化带动工业化,推动制造技术的发展与创新是制造业发展的必由之路。随着经济全球化的

形成,如何利用 IT 技术共享全球资源,提高企业对市场的快速响应能力,已成为制造企业的重要策略。目前,制造企业朝着网络化协作的方向发展,以支持满足全球化市场用户需求为核心的快速响应制造、敏捷制造(AM)、虚拟制造(VM)和大规模定制(MC)等新制造模式应运而生。相应地,产品全生命周期管理(PLM)、知识管理(KM)、计算机支持的协同工作(CSCW)等技术成为热点,其中,CSCW 是实现企业快速响应制造的核心基础技术之一。

在航空制造企业中,由于航空产品结构复杂,其工艺设计工作具有多层次性及多阶段性、工程更改频繁、涉及工艺专业种类繁多、工艺流程复杂等特点,并且有独特的工艺过程控制管理体系,因此,对工艺设计的协同要求很高。随着制造业信息化的不断发展,工艺设计的支撑环境发生了很大变化,企业在应用 CAPP 系统提高基础工艺设计的效率和质量的基础上,迫切需要采用 CSCW 技术支持实现工艺设计的紧密协同工作,提高整个工艺系统的效率。

1 CSCW在制造企业工艺系统的应用现状

“计算机支持的协同工作”这一概念最早是 1984 年由美国 MIT 的 Irene Grief 和 DEC 的 Paul Cashman 在描述有关如何用计算机支持交叉学科的人们共同工作的课题时提出来的。

CSCW 是以人们协同工作方式为背景,以计算机网络和通信技术的发展为基础,以具有广泛应用领域为前提条件而发展形成的。可以用这样的观点来描述这一研究领域:在计算机技术支持的环境下,特别是在计算机网络环境下,一个群体协同工作,完成一项共同的任务。

CSCW 对群体的协同工作进行支持,而群体的协作活动一般包括 3 个方面,即所谓的 3Cs:

(1)通信(Communication):协同工作的群体成员之间直接进行信息的交换。

* 基金项目:国家 863/CIMS 主题资助(2004AA413020、2007AA040503);西北工业大学英才培养计划资助(05XE0127)。

(2)合作(Cooperation):群体共享某种形式的信息,协同地完成共同任务。

(3)协调(Coordination):在一定的原则下对各种活动进行协调,使人们和谐地共同工作,避免冲突和重复性破坏性的行为。

目前,协同应用系统的研究和开发正逐渐从早期的支持工作组级的小规模协作向支持跨企业的、全球范围的大规模协作方向发展。早期研究的小规模协作系统,如桌面会议系统、协同编著系统、应用共享系统等都只是给人们提供了一种辅助性的交互和交流手段。而大规模协作的协同应用系统是用来支持企业内部和企业之间的协同工作,它具有地域范围分散性、业务兴趣异构性和业务性质关键性等特征。随着大规模协作的发展,CSCW在制造企业中出现了一些新的应用领域,包括电子商务和EDI、虚拟企业和组织、协同设计与制造等。

制造企业的工艺工作是一个紧密协作的过程,传统的方法是人工的交互,以语言、纸面文档为介质实现工作的协同。目前,很多制造企业虽然在工艺系统中采用了CAPP系统,但是这些应用集中于离散的工艺工作,未能对整个工艺系统的协同提供有效的支撑。同时,在整个制造企业的PLM中,以PDM为平台实现CSCW技术在制造企业的应用已得到研究人员和工业界的广泛认可,如UGS公司的Teamcenter、DS公司的ENOVIA、PTC公司的Windchill等已在产品协同设计方面得到工程应用。下面将重点研究CSCW技术在航空制造企业工艺协同设计中的应用。

2 航空制造企业工艺协同设计分析与建模

在航空制造企业中,产品工艺设计工作具有多层次性及多阶段性,涉及到很多部门、人员之间的工作协同,它对工艺协作的要求很高,需要基于网络和应用软件,能让每个相关人员在产品整个工艺生命周期内协同地对产品工艺进行设计和管理,而不用考虑相关人员在设计中担任什么角色、使用什么工具、处在什么位置等。通过对航空产品及工艺的分析与总结,航空制造企业的工艺工作一般具有以下特点:

- 产品组成复杂、制造流程复杂、试验维护复杂、工作环境复杂,对设计和制造的要求相当严格。
- 多品种小批量的生产模式,需要建立完善的BOM管理、设计/工艺/生产协同工具、工艺管理和知识管理工具等,缩短制造周期是制造的关键。
- 产品工艺复杂,工艺分工路线的设计在工艺和

制造中具有重要的作用,对整个产品的制造影响很大。

- 产品制造工艺种类多,涵盖机加、数控、锻铸、钣金、装配、热表、橡塑、喷漆、电子装配、无损检测等各种冷热加工。

- 航空产品的工艺设计涉及多团队、多部门、多领域的参与合作,需要建立协同的设计模式,并行工作,保证制造周期。

- 产品工艺更改频繁,强调完善的版次管理。

- 航空产品的综合工艺管理需求复杂,如材料定额管理、工时定额管理、MBOM管理等,需要建立分阶段工艺数据管理体系,动态保证工艺数据集成完整性。

传统的航空产品工艺设计是由工艺人员手工完成的,设计质量取决于工艺设计人员的经验,存在着效率低、易出错、一致性差等缺陷。目前在我国航空制造企业已大量采用CAPP系统进行工艺过程设计与管理,对提高企业的工艺设计效率和管理水平起到了重要的促进作用,但是在应用中主要关注于离散的单元工艺设计工作,对整个工艺生命周期的协同工作研究不够,极大地限制了采用CAPP系统对工作效率提升的效果。工艺协同设计的理念把传统CAPP系统的功能扩展到了基于CSCW的信息、过程和管理集成平台的高度,如图1所示。

在基于CSCW的工艺协同设计环境中,工艺设计



图1 面向PLM基于CSCW的工艺协同设计与管理
Fig.1 PLM-oriented Collaborative process planning and management based on CSCW

过程协同和产品数据全过程实时共享是关键。工艺协同设计由多人员同步开展设计工作,其流程一般包括工艺分工、工艺路线、主制工艺编制及审签、协作工艺编制及审签、工艺合并、会签等。计算机支持的工艺协同设计系统通过建立一个具有群体性、交互性、分布性和协作性的人机网络工作环境来对产品工艺实现共同设计。其中,工艺工作流程的管理是实现工艺协同设计的基础工具,它包括 workflow 操作管理、workflow 模型定义、workflow 实例化和 workflow 的执行与监控等。

3 基于 CSCW 的工艺协同设计系统研究与开发

3.1 基于 CSCW 的协同工艺设计系统架构

本文以某航空制造企业为背景进行了基于 CSCW 的工艺并行设计系统研究与开发,该企业的生产模式为多型号研制、小批量生产,随着多型号任务的并行开展,迫切要求实现产品的快速研制,并要求在工艺设计上采用新的设计和制造手段,建立适应于产品快速研制的工艺协同设计系统(CSCW-CAPP)和技术体系。CSCW-CAPP 的开发基于西北工业大学的 CAPPFramework 产品和优集系统(中国)有限公司的 TC/Eng、TC/MPP,它面向企业整个工艺系统及相关部门,结合 CAPPFramework 的“所见即所得”工艺设计、TC/Eng 的统一产品数据和人员管理及 workflow 管理、TC/MPP 和 UG 的数控程序编制与管理等优势,实现整个工艺系统及相关部门的业务流程协同。

CSCW-CAPP 围绕产品 BOM 进行数据组织和管理,覆盖工艺分工、工艺计划、工艺规程编制、工艺资源管理、工艺知识管理、材料消耗定额编制、工时定额、工艺审批流程管理、工艺文件查询、浏览、打印发布、工装设计与管理等业务流程。为各级领导和工程师提供工艺设计、管理的统一工作平台,实现对工艺工作过程的管理与控制。CSCW-CAPP 的体系架构如图 2 所示。

3.2 基于 CSCW 的工艺协同设计关键流程

CSCW-CAPP 系统涉及工艺的协同设计与管理,本文重点介绍基于 CSCW 的工艺协同设计技术。该企业的工艺设计有 2 种主制工艺,即装配工艺和加工工



注: [] 代表基于 CAPPFramework 开发的模块
 [] 代表基于 iMAN 开发的模型

图 2 基于 CAPPFramework 和 TC/Eng、TC/MPP 的 CSCW-CAPP 系统架构

Fig.2 CSCW-CAPP architecture based on CAPPFramework, TC/Eng and TC/MPP

艺。所谓主制工艺包含协作工序,而协作工序又是一份工艺(如热处理工艺、检验工艺、特种加工工艺等),它们对应于主制工艺的一道工序,最终主制工艺和协作工序合成一份完整的工艺文件,整个编制过程中涉及主制车间和多个协作车间的并行协作。传统的并行协作过程是通过人为通知、协调、纸质装订来实现的。

CSCW-CAPP 系统综合利用 TC/Eng 的流程嵌套功能、TC/MPP 系统和 CAPPFramework 系统功能,实现主制车间与各个协作车间有效地共同编制完成工艺规程文件,并且实现各个协作车间的工作并行。通过分析该企业工艺规程编制与审批的总体流程,系统需要处理的协作过程主要包括主制工艺、协作工序并行、工艺更改、工装申请以及数控程序编制;其中主制工艺可以分为主制工艺新建、主制工艺修改、主制工艺删除、主制工艺审批;协作工序并行可以分为协作工序编制、协作工序审批、工艺文件合并、XML 文件提交等。工艺协同编制与审批的总体流程如图 3 所示。

3.2.1 协同工艺编制与审批

· 在主制工艺的编制和审批流程中嵌套协作工

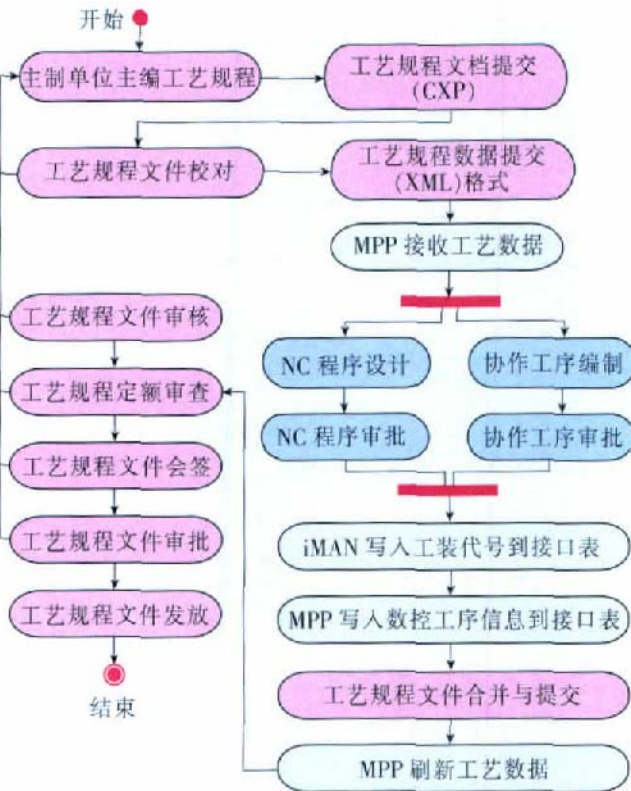


图3 工艺协同编制与审批的总体流程
Fig.3 Overall flow of collaborative process planning and approval

序(包含数控编程)的编制与审批流程。

- 主制单位用 CAPPFramework 编制完成工艺规程 (CXP 文件) 后提交给 Tc/Eng 走审批流程。CAPPFramework 系统把工艺规程文件中的工艺信息以 XML 文件的方式提交给 Tc/MPP 系统。Tc/MPP 系统根据接收的数据分别启动数控编程、协作工序的编制与审批流程。

- 在各个数控编程、协作工序编制与审批完成, 并把相应信息写入接口库中后, CAPPFramework 系统把各个协作工序的内容合并到主制单位编制的主制工艺规程中, 并立即提交完整的工艺信息 (XML 文件) 于 MPP 系统。然后继续走主制工艺的审批流程, 进入到工艺规程审核, 工艺规程定额审查, 工艺规程会签和工艺规程批准等节点。

3.2.2 工艺编制与工装申请的协同

针对工艺编制过程中的专用工装申请, 可在 CAPPFramework 中直接编制工装申请单, 同时需要保存为独立的 CXP 文档。该工装申请单包括了产品, 零件, 工艺, 工序等信息, 通过该信息, 在 Tc/MPP 中将找到相应的工序, 将此工装申请单 (CXP) 附在次工序

下, 同时利用 Tc/Eng 实现工装申请流程的发放, 实现工艺编制和工装申请的协同。

3.2.3 协同数控工序编制

数控加工工艺编制作为 CSCW-CAPP 系统中的一个子流程, 当“主制工艺编制与审批流程”到了“启动子工艺规程”节点时, 如果工艺中有数控加工工序, 即可进入数控加工工艺编制与审批子流程。数控程序编制子流程启动后, 独自完成结束。最终通过执行合并流程与主制工艺合并归档。实现主制工艺编制与数控工序编制的协同。

CSCW-CAPP 系统在 Tc/MPP 和 UG 中创建数控程序和刀具信息, 在 CAPPFramework 中创建数控表单, 并提取刀具信息填入刀具表中, 然后由 MPP 管理, 数控表单与数控程序一并指导车间生产。

3.3 基于CSCW的工艺协同设计系统示例

在 CSCW-CAPP 中, CAPPFramework 与 Tc/Eng 和 Tc/MPP 的通信、合作和协调通过 XML 文件的形式进行交互, 主要涉及的交互操作如表 1 所示, 关于协作更改过程中的一

表 1 主要的协作交互操作

序号	操作	交互
1	工艺信息 XML 文件提交	A->B
2	主制工艺圈阅与签名	A<->B
3	CAPPFramework 更改与工装申请启动	A->B
4	协作工序启动	A<->B
5	协作工序接口表操作	A<->B
6	协作工序圈阅与签名	A<->B
7	CAPPFramework 启动接口文件初始化	A->B
8	CXP 保存后台程序	B->A
9	XML 接收后台程序	B->A
10	协作工序流程指定	A->B
11	协作工序接口文件初始化	A->B
12	CXP 文件提交	A->B
13	XML 文件提交	A->B
14	协作卡片的合并	A->B
15	工装代号的返填	B->A
16	刀具清单的返填	B->A
17	协作工序流程指定	B->A
18	协作工序接口文件初始化	A->B

注: A 代表 CAPPFramework, B 代表 Tc/Eng 和 Tc/MPP

表2 协作更改过程中的一个交互 XML 文件示例

```

<?xml version="1.0" encoding="GB2312"?>
<工艺规程>
<产品>
<PROD_NO>2358</PROD_NO>
<PROD_NAME>PL</PROD_NAME>
</产品>
<零件>
<PART_NO>2358-1</PART_NO>
<PART_NAME>支架</PART_NAME>
</零件>
<零件工艺>
<RE_SEQ>Y</RE_SEQ>
<PPLAN_NO>GS(DF)-P12</PPLAN_NO>
<CHANGE_INFO>
<CHANGE_NO>GS(DF)-P12/D18_MOD</CHANGE_NO>
<!-- 换版信息-->
<UP_PROCESSVER>工艺换版</UP_PROCESSVER>
</CHANGE_INFO>
<工序>
<!--加工工序-->
<OP_NO>0</OP_NO>
<OLD_OP_NO></OLD_OP_NO>
<OP_NAME>下料</OP_NAME>
<OP_TYPE>材料消耗定额工序</OP_TYPE>
<STICK_BLANK_NUM>3</STICK_BLANK_NUM>
<BOARD_BLANK_NUM>44</BOARD_BLANK_NUM>
<BOARD_PART_NUM>55</BOARD_PART_NUM>
<MAT_PAPRT_NUM>66</MAT_PAPRT_NUM>
</工序>
.....
</零件工艺>
</工艺规程>

```

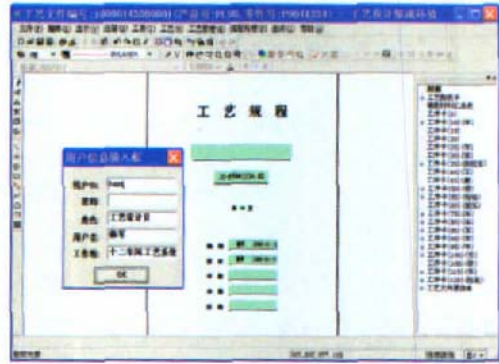


图6 工艺协同设计文件提交

Fig.6 Submission of collaborative process planning file

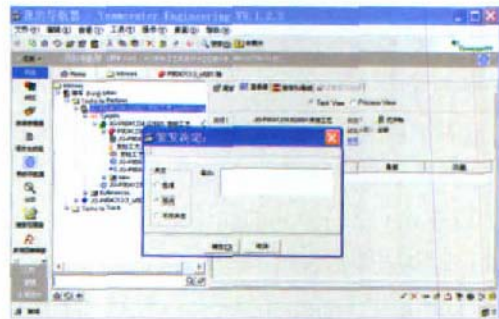


图7 工艺协同设计审批流程

Fig.7 Approval flow of collaborative process planning file



图4 工艺协同设计启动

Fig.4 Start of collaborative process planning

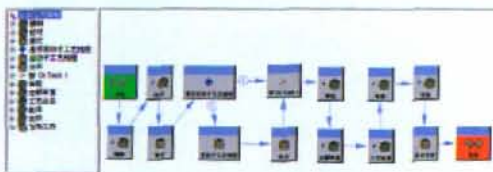


图5 工艺协同设计流程建模

Fig.5 Flow modeling of collaborative process planning

个交互XML文件示例如表2所示,CSCW-CAPP系统应用的几个典型协同界面如图4~7所示。

4 结束语

通过对 CSCW 技术及在航空制造企业的应用研究,面向制造企业整个工艺系统及相关部门、围绕工艺全生命周期的各业务流程,建立各级领导和工程师们的协同工艺设计/管理的统一工作环境,是实现高效工艺工作和工艺过程有效管理与控制的基础,也是建立单一数据源产品数据库以及支持工艺工作发展到基于信息和知识的全方位集成的基础。

在某航空制造企业基于 CAPPFramework 和 Tc/Eng、Tc/MPP 的 CSCW-CAPP 系统的开发和应用中,对主制工艺和协作工序等工艺协同设计关键流程进行了深入的研究和开发,通过在企业生产中的实际应用,为工艺系统的协同设计提供了有效的工具和平台,有效解决了工艺协同的问题,在应用中显示了很好的应用效果。

(责编 侧卫)