

文章编号:1000-582X(2002)04-0001-05

# 面向产品自主开发的并行协同环境与支持技术\*

郭钢,余成龙,徐宗俊,陈静波

(重庆大学机械工程学院,重庆 400044)

**摘要:**以汽车关键零部件自主开发的特征和协同过程为研究对象,应用并行工程原理、INTERNET/INTRANET 技术、CAD/CAM/PDM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing/Product Data Management)技术,归纳总结汽车关键零部件自主开发的领域知识,建立了一套面向车身覆盖件自主开发的并行协同集成环境和使能支持关键技术,并采用 KBE(Knowledge Based Engineering)二次开发方法,对企业的设计/制造经验进行了知识转化,在某企业新车产品开发的生产实践中应用,取得良好效果。

**关键词:**产品开发;独立性;并行协同;集成环境;使能支持

**中国分类号:**TP391

**文献标识码:**A

制造业作为我国的支柱产业近年来得到迅速发展,目前正处于由引进、消化、吸收及国产化向自主开发转变的关键时刻,我国政府也把发展制造业,提高产品自主开发能力作为工业发展的头等大事来抓,充分体现了制造业产品自主开发对带动相关工业发展的重要性。然而,由于我国工业基础薄弱,尤其在一些大型复杂产品的自主开发方面与国际先进水平相比还相差甚远,因此必须花大力气追赶,才能开发出具有国际竞争力的新产品,振兴中国制造业。

以汽车产品为例,它一般由车身、发动机、底盘等几大总成组成。就整车而言,车身覆盖件是汽车产品开发的关键零部件之一。它们是由复杂的自由曲面、孔、筋板经过模具多次冲压成型,其设计与制造的技术要求较高,是影响车身外形与结构的主要因素之一。它开始于车身的造型与结构设计,同时又和冲压成型工艺、模具的设计、制造密切相关。由于车身覆盖件的形状及结构较复杂,其设计/制造过程是一个典型的多领域协作过程,因此在整个设计与制造周期内,必然是多领域知识的综合应用与频繁交流。在这种多领域协作的过程中,采用传统的串行开发模式,易造成整个开发过程各环节的彼此脱节和总体工作效率低下。如何结合我国汽车行业的特点,将并行工程原理有效地应用于车身覆盖件的设计/制造中,是广大科技工作者和汽车产品开发人员所急待解决的问题。笔者将以车身

内覆盖件的开发为例,应用并行工程原理,建立面向汽车产品自主开发的并行协同工作环境和相关使能支持技术。

## 1 面向产品自主开发的并行协同模式

为研究和建立面向产品自主开发的并行协同模式,我们将车身覆盖件定义为一种特殊的产品,并以此为例进行理论和应用研究。为满足承载与性能结构的要求,车身覆盖件一般都由较复杂的自由曲面、孔和筋板等组成,尤其是内覆盖件,其形状与结构更为复杂。在覆盖件的设计/制造过程中,其传统的工作流程是:在车身造型方案确定后,采用 CAD 技术进行覆盖件的三维结构设计及性能分析,待设计确认后,将覆盖件零件的三维 CAD 数据(三维线框或曲面)提交给工艺部门进行冲压工艺设计。由于覆盖件是由金属板材经拉伸、切边冲孔、整形翻边等多道工序的冲压才能最终成型,而每道冲压工序一般就对应一副冲压模具<sup>[1]</sup>。因此,在冲压工艺设计时,需对覆盖件原来的产品三维模型进行工艺补充,使之满足冲压工艺的成型要求。工艺设计完成后,就将覆盖件的三维工艺模型数据提交给模具设计部门。由于每个覆盖件的成型一般要经过 4 到 5 道冲压工艺,因此需用 4 到 5 副冲压模具来加工;而每副模具又包括三维型腔与模具结构两大部分,需分别进行设计和制造。对模具的三维型腔必须采用

\* 收稿日期:2001-11-03

基金项目:国家自然科学基金资助项目(59875086);教育部高等学校骨干教师基金资助项目

作者简介:郭钢(1960-),男,重庆人,重庆大学教授,博士。主要从事制造业信息化的理论和应用技术研究。

CAD 三维曲面进行数学建模(如 NURBS、B-样条、贝齐尔曲面等)<sup>[2]</sup>,才能进行后续的 NC (Numerical Control)加工;而模具结构主要包括模架、凹模、凸模、冲头、导料装置、卸料装置、挡料装置、定位装置、起吊装置及外围铸造结构等,其形状结构也很复杂,但这些模具结构的几何形状较规则,其设计/制造采用普通方法即可。当模具设计完成后,即沿两条工艺路线进行加工,一条是三维型腔的 NC 加工<sup>[3]</sup>,另一条是模具结构的一般加工,待两者都加工完后,就进行模具的研配及调试、修改,直至一个覆盖件的成套模具能冲压加工出合格的产品为止<sup>[4]</sup>。

由此可见,车身覆盖件的设计/制造周期长、涉及的专业知识多、过程复杂,是影响整车开发速度的关键环节之一。在传统的串行工作模式下,覆盖件设计/制造各阶段工作只能按部就班,必须是前一阶段工作完成,后一阶段工作才能开始,各阶段工作只考虑自己的问题,而很少主动考虑上、下游相关阶段的设计/制造问题,使设计/制造过程中各阶段的联系松散,出现的问题不能及时反馈并得到解决,各专业技术人员协调困难,导致总体效率低下,产品质量得不到有效控制和保证,制约了汽车新产品的快速开发与上市。

现代并行协同工作模式,是以并行工程原理为指导,在信息技术支持下,从产品开发的组织结构、运行

管理模式入手,采用现代计算机辅助设计与协同管理技术,将传统的串行工作模式变为并行协同的工作模式,并采用项目管理方式,将产品设计、工艺设计、模具设计、模具制造及技术管理等各种人员有机地集成为一个多功能项目组(或团队),使覆盖件的设计/制造全过程不再是彼此分离的环节,而是一个有机整体,设计/制造的所有问题都在团队内部解决,从而使团队内各成员间的协调工作变得容易,使并行协同工作得以实现,并在各种使能技术支持下,团队成员能高效率地完成覆盖件设计/制造中的所有工作。

笔者在与某汽车制造公司的长期合作中,曾参与了某新车型车身覆盖件从造型、结构、冲压工艺、模具设计到模具制造及技术信息管理的全过程开发工作,对覆盖件设计/制造全过程所涉及的并行协同方式和支持技术进行了较深入的研究,在此基础上应用并行工程原理,针对现行覆盖件产品的串行开发模式,提出了一种面向覆盖件产品自主开发的并行协同工作模式,如图 1 所示。在此模式下,建立了面向覆盖件产品开发的并行协同工作流程、项目管理与动态多功能团队的组建策略,从宏观上改变了传统的串行工作模式。这种新的并行协同工作模式已在某企业改型车的自主开发中发挥了巨大作用,并取得良好效果,使覆盖件的开发周期缩短 1/3 ~ 1/2。

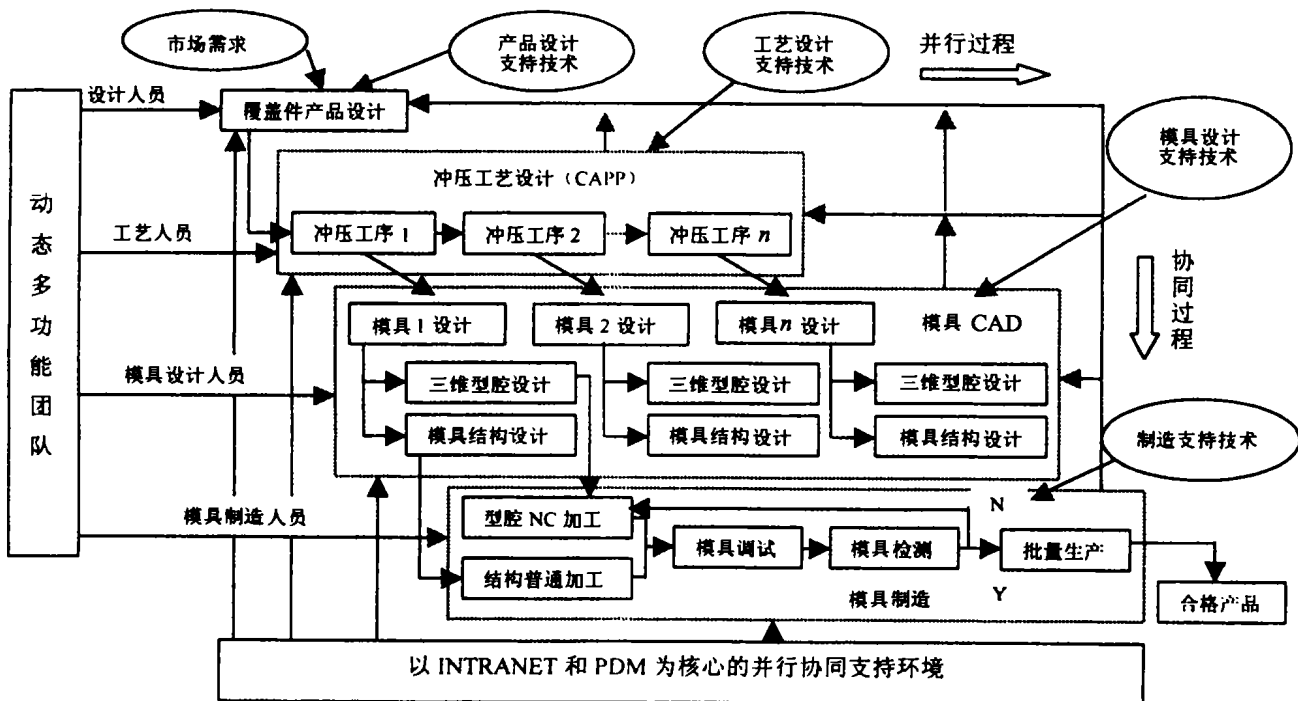


图 1 面向覆盖件产品自主开发的并行协同工作模式

## 2 面向产品自主开发的并行协同集成环境

产品开发过程是一个由多个部门、多种设计/制造人员、多种资源在一定条件下相互联系、相互影响、相互作用的一个动态系统。在这个动态系统中,技术、组织、人和信息是表征系统的状态函数,其中,开发过程的每个阶段都要涉及多个专业的配合与协作,各专业之间,要相互交换设计图形、技术资料 and 文件,存在大量的信息交流和协调。团队中的每位人员都应根据其

职能和需求,及时得到各部门、各层次的相关信息,才能使自己的工作与整体协调,从而达到开发活动的总体最优。

为了实现覆盖件产品的并行协同开发,需构造一个在信息技术支持下的并行协同集成环境,才能保证并行协同工作模式的实施。根据覆盖件产品设计/制造特点,构造一个由支持层、工作层和协同层组成的三层并行协同集成环境,如图 2 所示。

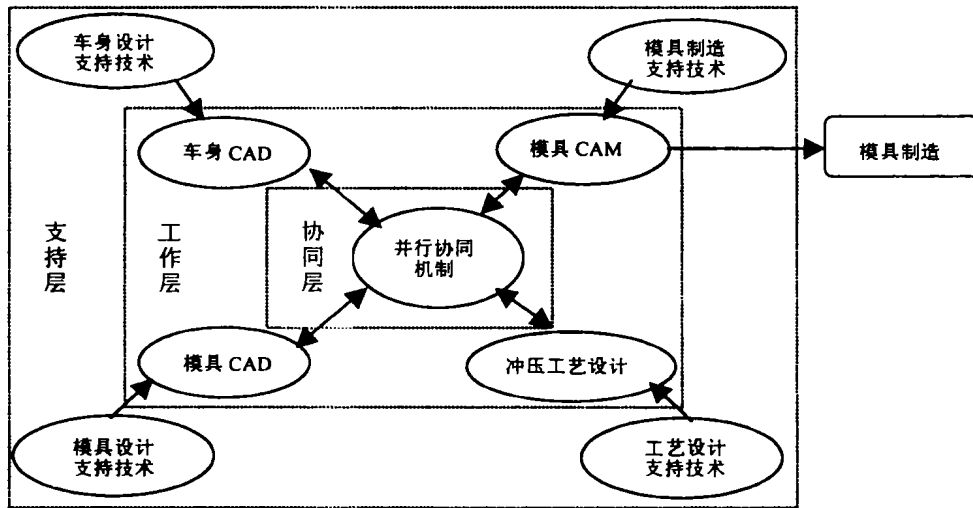


图 2 面向覆盖件产品自主开发的并行协同集成环境

从图中可以看到,覆盖件产品的开发过程通过支持、工作、协同三个层次进行组织。最外层是对覆盖件产品开发的支持层,在该层中包含车身整车结构与覆盖件开发的各种法规标准、设计知识、工艺知识,模具知识以及模具加工实例等许多与覆盖件设计/制造密切相关的支持技术及信息。工作层是参与覆盖件开发的一组相关设计/制造活动。而协同层是整个覆盖件开发活动的核心,它使工作层的各项活动通过协同机制有机地结合起来,通过协同机制,各项与覆盖件开发相关的活动可以实时地进行控制和数据交换,从而实现整个覆盖件开发过程的并行。该协同机制建立在企业 INTRANET 之上,通过各种 CAD/DFM (Design Faced Manufacturing)/PDM 应用系统组成。

要按照并行协同过程进行车身覆盖件的开发,重点是并行协同机制的建立。实现这种并行协同机制的计算机网络、 workflow 控制与管理、产品数据管理、产品数据交换、各种与覆盖件开发相关的应用系统配置及开发的组织结构等的集合就构成了并行协同集成环境。图 3 是并行协同机制的逻辑模型。

图 3 中的并行协同机制逻辑模型的核心是逻辑黑

板,各功能小组就是通过逻辑黑板进行开发工作的协同。各功能小组是通过项目构成区进行划分和组织的,每个项目组的构成是根据开发人员的技术特长并根据任务需要动态地形成,项目组与项目成员的关系是多对多,当项目完成时这种项目组的动态关系就可解除。在项目构成区构成项目组的同时,会形成其与公共数据区的映射关系,从而形成对协同数据的提交,公共数据区的数据是被验证合格的最新版本的数据,并可作为相关开发的参考数据。各项目组具有其公共数据库,而项目成员具有私有数据库,当项目组成员完成设计后提交项目公共数据库,而项目组之间的数据引用(Reference)则是通过公共数据库进行的。公共数据库的结构和分布是由项目负责人授权的最高级系统管理员进行设计。当要向公共数据库中的数据进行添加新的数据时,必须通过逻辑电子黑板进行评审后才能检入(Check in)公共数据库。而要对公共数据库中的数据进行更新时,则先必须将库中的数据检出(Check out),将其更改后再检入公共数据库,从而完成对数据库中数据的更新。

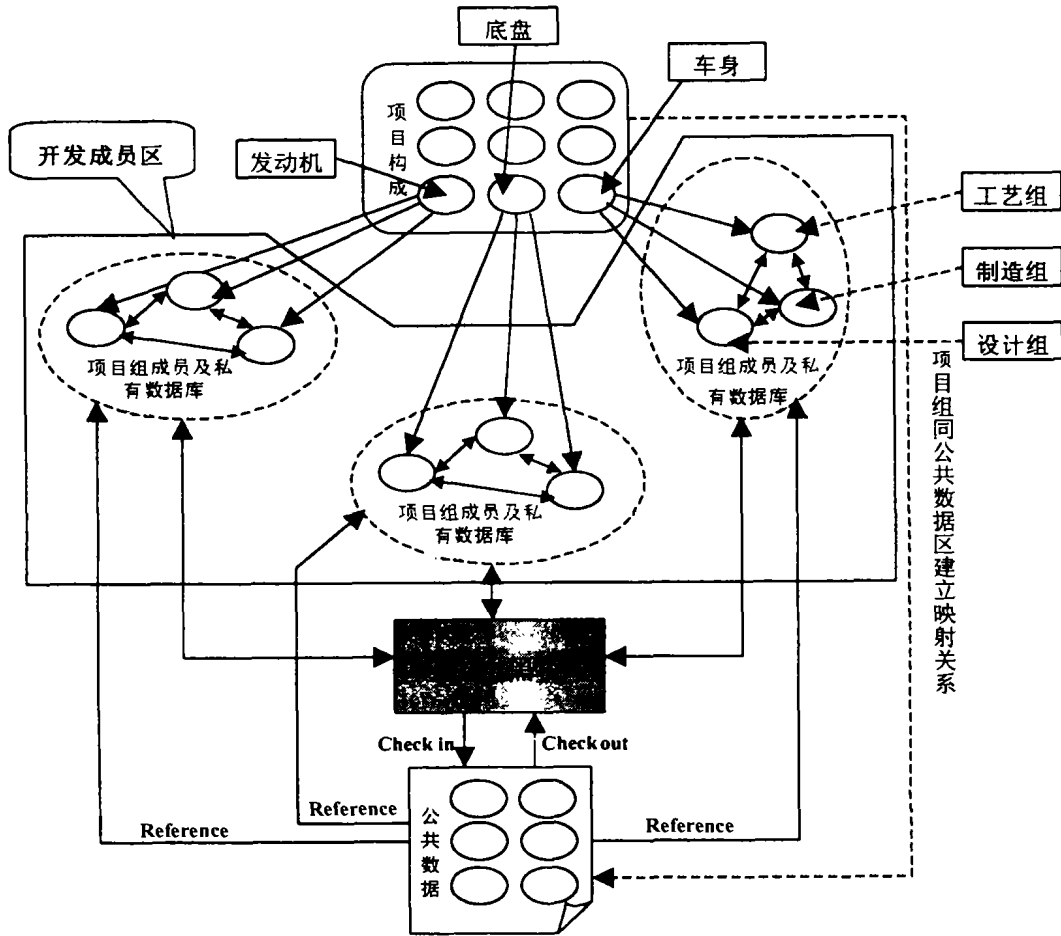


图3 并行协同机制的逻辑模型

### 3 面向并行协同环境的使能支持技术及应用

目前国内外对并行工程进行了大量的研究,并在产品并行协同开发方面取得了大量的研究和应用成果。产品并行协同开发有两方面的关键技术:网络通讯和基于 VPD(Virtual Product Development)的产品协同开发技术。前者是并行协同开发的共性问题,主要解决方法是 OSI 协议的扩展,在应用层增加并发通信服务;而 VPD 协同开发技术重点解决的是如何通过对网络上的三维主模型数据进行有效管理和协同控制<sup>[5]</sup>。

现代网络和计算机辅助技术的发展对并行协同开发提供了良好条件,如美国福特汽车公司实施的 C3P 系统。目前市场上用于支持并行协同的商用 C3P 系统大都与该厂商的 CAD/CAE (Computer Aided Engineering)/CAM 系统有着相当密切的联系,如 SDRC 公司的 I-Deas 与 Metaphase、UGS 公司的 UG 与 IMAN 等,它们都能支持产品开发的并行协同工作模式,并在一些大型跨国企业中得到了很好应用,如美国的 GM 和 Ford。但在国内要实施象 Ford 这样的 C3P 系统,其规模庞大、价格昂贵;同时还涉及对企业原有管理与组

织的重构,对使用人员的素质以及企业的应用基础要求很高,因而目前在国内还难以找到全面实施的实例。而国外一些 CAD/CAE/CAM 系统提供的并行协同功能,如数字样机开发技术、部门级 PDM 等在支持产品并行协同开发方面的基本功能,更有实用价值。因此,笔者通过在某汽车制造公司的车身覆盖件开发实践,对如何充分利用其现有的 CAD/CAE/CAM 系统,将其与网络操作系统有机地结合来完成并行协同工作做了大量的研究与应用工作,建立了一种实用的面向覆盖件产品开发的并行协同环境,并开发了相应的使能支持技术。

我们开发的使能支持技术由 5 部分组成:1)基于 INTRANET 体系结构的网络系统:它使分布在制造企业内部不同地域的产品设计部门(汽车工程设计所)、工艺及模具设计部门(汽车技术处)与模具制造部门(模具中心),通过网络提供了对覆盖件开发过程中的分布式信息通信、异地并行协同控制的支持;2)支持异地并行协同的部门级 PDM 系统:它负责对并行协同开发环境的管理与协调控制,如开发项目的配置、项目组成员的任务分解、公共数据库、项目组和成员数据库的

分配及权限管理、更新数据的版本管理、变更通知、产品、工艺、模具开发中并行数据的协同, CAD/CAM 等应用系统的管理与维护, 外协数据的交换与安全管理等; 3) 覆盖件产品的 VPD 技术: 包括复杂自由曲面的三维建模技术、反求技术、残缺数据状态下的三维重构、复杂过渡曲面的数学描述、复杂自由曲面的裁剪与光滑连接、数字化主模型技术等; 4) 冲压工艺与模具设计支持技术: 包括冲压工艺设计知识库、冲压 CAPP (Computer Aided Process Planning)、模具型腔工艺补充的三维建模技术、模具结构设计 CAD 系统、冲压工艺技术信息管理等; 5) 模具制造支持技术: 包括模具加工仿真、数控编程、DNC (Direct Numerical Control) 远程通信<sup>[5]</sup>、模具制造 CAPP 及制造工艺信息管理等。由上述网络集成环境和支持技术构成的车身覆盖件并行协同开发环境已在生产实践中运行了一年多时间, 效果十分显著。

## 5 结 论

本文论述的覆盖件产品并行协同集成环境是在 UNIX 工作站、NT 工作站、INTRANET 网络、UG、CATIA、AUTOCAD R14、MDT、SQL - SERVER 等硬软件系统基础上, 对原有系统资源进行重新配置, 充分利用 UNIX 操作系统和 NT 上的 NFS 和 NIS 异构网络协议, 以及 UG 系统和其良好的面向网络的工程数据库, 来共同完成整个并行协同集成环境的建立<sup>[6]</sup>。在并行协同支持技术方面: 利用 UG 较强的三维曲面建模功能, 将覆盖件设计/制造的领域知识嵌入, 从而形成了专业化的覆盖件型面 CAD/CAPP 系统; 在归纳整理模具设计实例

基础上, 利用 AUTOCAD R14、C++ 等开发了基于实例的模具结构 CAD 系统; 利用 C++ 和 Motif 开发了模具型腔设计/制造系统的管理程序, 使项目负责人更方便地对整个开发过程进行组织和管理。

利用本文论述的并行协同集成环境和支持技术, 笔者成功地在某汽车集团的新车覆盖件开发中实施了并行协同设计与制成, 其覆盖件的开发周期比串行方式缩短 1/2 ~ 1/3, 它不仅加快了新产品开发的速度, 而且提高了产品设计/制造的质量, 同时也为未来的更高层次并行工程的实施打下了理论和实践的基础。

总之, 并行工程作为工程应用中的一种哲理具有广阔的研究和应用前景, 但在应用时, 要根据具体环境和情况加以实施, 最重要的是充分利用相关理论和原有资源对现行系统进行并行化改造。

## 参 考 文 献:

- [1] 肖祥芷. 冲压工艺与模具辅助设计[M]. 北京: 国防工业出版社, 1996.
- [2] 刘保嘉. 虚拟样机技术及其在汽车工业的应用研究[J]. 制造业自动化, 2001, 23(12): 49 - 51.
- [3] 李国龙. NURBS 插补应用研究[J]. 制造技术与机床, 2000, 11(460): 48 - 50.
- [4] 傅建. CAD/CAE/CAM 技术在模具行业的应用动态[J]. 机械, 1999, 26(增刊): 373 - 375.
- [5] 魏孝斌. 企业集成 DNC 技术的研究与应用[J]. 机械与电子, 2002, 21(1): 21 - 23.
- [6] 郭钢. 协同商务时代的产品开发支持技术[J]. 机械工艺师, 2000, 11(242): 5 - 6.

# Research on Independent Product Development for Concurrent Collaborative Environment & Supporting Technologies

GUO Gang, YU Cheng-long, XU Zong-jun, CHENG Jing-bo

(College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**Abstract:** This article deals with the research on the features and collaborative process of independent development of key automobile parts. It generally employed concurrent engineering theory and technologies of Internet & Intranet, computer aided design (CAD), computer aided manufacturing (CAM) and product data management (PDM). Field knowledge on independent development of key automobile parts was concluded and a set of concurrent collaborative environment and key enabling supporting technologies that face the independent development of automobile body panel dies were also built up. Meanwhile it introduced the secondary development methods of knowledge based engineering (KBE) to implement the knowledge transformation of designing and manufacturing experiences for an enterprise. The results was applied for the development & production of one of this enterprise's new automobile styles and work well.

**Key words:** product development; independence; concurrent engineering; integrated environments; key technology supported

(责任编辑 张小强)