

PDM 框架下飞机结构件制造过程管理研究

上海飞机设计研究院 薛战东 陈 才

[摘 要]飞机结构件制造过程的管理和控制是提高飞机研制生产效率和质量的重要环节。通过对飞机结构件的加工制造过程和管理进行分析研究,结合目前飞机制造企业制造过程的管理体系,构建了基于 PDM 的飞机结构件制造过程管理数字化平台,并研究了在该平台上飞机结构件的 MBQM 管理。

[关键词] 制造过程管理 PDM MBOM 工艺管理

1.引言

飞机结构件具有体积大、特征多、工艺复杂、高精度、高强度、加工成本高等特点,其高效高质的生产是保障飞机研制生产的关键环节。随着国产大飞机项目的开展,飞机结构件的体积更大、特征更加众多、工艺也更加复杂、对精度和强度的要求更高,因此需要实现结构件在制造过程中的完整有效控制。如今,飞机制造朝着制造数字化、信息集成化、过程敏捷化的方向发展,飞机制造企业采用了计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)、计算机辅助工艺设计(Computer Aided Process Planning, CAPP)、计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing, CAM)、计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)、计算机辅助质量检查(Computer Aided Quality, CAQ)、产品数据管理(Product Data Management, PDM)、企业资源计划(Enterprise Resources Planning, ERP)、制造执行系统(Manufacturing Execution System, MES)等大型信息化系统来提升企业竞争力。而作为数据管理的重要方式,PDM系统已经成为现代飞机制造企业数据管理的基础,因此在PDM框架下对飞机结构件的制造过程的进行数字化管理成了数据管理合理的组织新形式。

本论文针对飞机结构件, 构建基于 PDM 的制造过程管理平台, 将产品的整个制造过程进行有机的统一管理, 消除信息孤岛, 实现在异构环境下飞机结构件数字化信息的集成与共享管理, 有效解决生产过程中存在的诸多问题。

2. 制造过程管理研究

飞机结构件制造过程,是从飞机制造企业开始接收到主制造商内部分发的结构件三维数模开始,直至到产品经过检验并交付主制造商的整个流程,如图1所示。其制造过程均以产品为核心,分为计划定制、工艺设计、加工制造、管理四个部分,其中管理更是涉及到其它三个方面的各个环节,应用在结构件生产制造全生命周期内的各个阶段。在这些阶段中,通过在PDM集成框架下的信息集成和交互,使飞机结构件实现产品数据、工艺数据、资源数据等信息的共享,以达到对制造过程的有效控制。

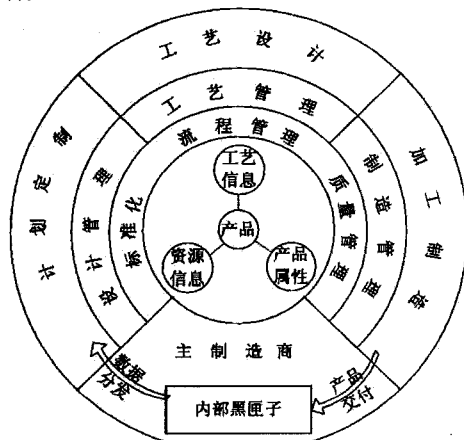


图 1 飞机结构件制造过程

现代飞机制造企业制造过程所产生的数据完全转变为电子数据进行管理,本文所讨论的数据均为制造过程中产生的电子数据。参照图1所示的飞机结构件制造过程,根据实际制造过程中职能部门的职能不同,本文中制造过程分为如下五个部分进行研究。

2.1 产品管理

产品是制造的核心,是企业生产制造的源头,因此产品管理是制造过程中最重要的环节之一。飞机结构件制造过程中产品管理主要是对其中三维 CAD 设计模型、工艺模型、CAM 制造模型以及 CAM 提取的制造特征进行管理。飞机结构件的 CAD 设计模型是由设计单位进行设计和数据建模产生,并通过网络传递给制造企业。当把 CAD 设计模型提交给工艺人员之后,工艺人员要根据零件的工艺特点,增加用于装夹或定

位的特征,例如工艺凸台等,这就产生了零件的工艺模型。对于工艺模型,在 CAD 系统(如 CATIA)中进行零件制造特征识别,这些制造特征将传递给 CAPP 用于工艺的自动生成,传递给 CAM 系统(如 CATIA)进行数控编程,就生成了 CAM 制造模型。

2.2 工艺设计过程管理

飞机结构件的工艺设计过程: 工艺计划部门根据零件工艺分工表上的分工路线发至相关车间(由于工艺的复杂性, 一般飞机结构件的制造过程都是在几个车间的轮换流转下完成的), 最后一个车间作为组件件的交付车间, 由其根据 FO (Fabricate Order, 制造指令) 模板创建 FO 的框架, 工艺路线流转时, 工艺路线中的所有协作车间都通过填写交接状态表(交接状态表由后一车间提出, 并提供给前一车间)的形式, 提交给前一车间, 由前一车间根据工艺路线、图纸及交接状态表中的内容进行相关部分的工艺编制, 所有工艺路线完成后, 由交付车间进行汇总, 形成一份完整的零件工艺(包括 FO 工艺、工序说明书、质保卡), 并进行会签。若是关键件, 还须提交至工艺主管部门进行审查。

而上述所说的只是针对单个零件的生产过程,不同的零件存在不同的工艺路线且许多零件是并行加工的,因此,工艺设计过程是一个很复杂的过程,这个过程中需要对产生的工艺文件以及文件的流程进行控制,对工艺设计过程的管理是对工艺设计质量、技术状态和有效性的有效保障。

2.3 工艺信息管理

工艺信息是与生产过程有关的信息,是在工艺设计过程中产生的与制造过程相关的工艺数据,包括工艺方法和工序安排、生产资源、生产组织、企业的技术秘密等。工艺数据作为飞机结构件生产制造的基础和依据,包括了零件材料、工序、机床、刀量具、工装、切削参数等基本信息,同时还包括了 NC 数控代码、仿真视模文件等辅助信息。通过工艺信息,可以统计和汇总产生工装、刀量具和材料定额等各种工艺数据报表,这些数据直接关系到整个企业的物料清单的管理。并实现按机型、车间等条件输出工具、设备等统计汇总信息,选择合适的条件加工合适的零件,最大程度的合理分配企业资源和最大程度的合理利用资源。

同时,工艺的技术状态十分重要,主要体现在工艺的版本、发放、更改上。把工艺业务过程和工艺数据的技术状态控制紧密联系在一起,进行严格管理,才能确保工艺数据的可追溯性、正确性和有效性。

2.4 加工过程管理

飞机结构件的加工过程涉及到多个制造部门的分工协作,在非数控车间,FO工艺是加工过程的依据,进行零件的清洗、钳工等工序。在数控车间,以工序说明书和质保卡作为制造依据,在数控机床上进行零件的数控加工。在此过程中,制造工人在数字化车间现场管理平台上进行操作,实时在线获取生产指令、工艺技术信息和生产准备信息,及时反馈加工信息。加工过程中,若能对结构件生产过程测量加工点的位置,对数据进行实时采集,并能通过数字化系统对采集的数据进行分析、管理,及时反馈加工信息,对比设计和制造过程中产品差异,控制误差,及时发现制造过程中存在的问题或者是其它缺陷,将极大地改善制造过程中产品加工的质量。

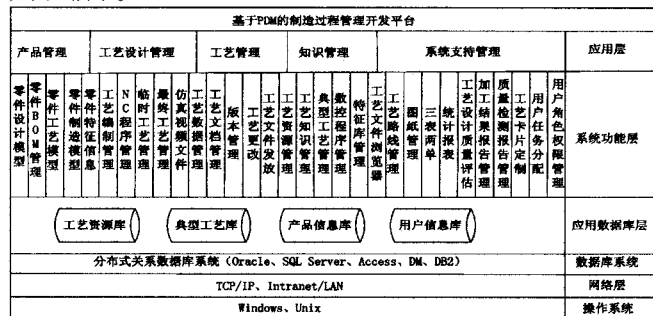
2.5 其它业务数据管理

飞机结构件制造需要多个不同工种,工艺涉及到多个部门之间的协调,工艺设计过程中需要工艺路线表和交接状态表的支持。在工艺设计、生产制造过程中需要用到各种统计报表,数据流转过程中也会产生的各种报表、图纸、信件等信息。数控厂是结构件制造的主要部门,它承担结构件生产准备、数控铣、在线检测、验收等关重工序,是生成制造数据的主要部门,而其它部门也产生了许多的数据,这些数据都是与制造过程息息相关,也是保证产品质量和产品完整性的的重要信息数据。

虽然是单个零件的制造过程,但是同时需考虑到企业的机床、刀量具等资源设备的管理,因为必须顾及到单个零件的加工与其它零件加工的资源配置以便于合理分配加工时间及资源。质量管理、标准化管理、业务流程管理、技术状态管理、构型管理,虽然这些管理是针对飞机制造企业的所有产品的加工过程进行的管理,是面向企业级的管理,但是这些对于单个结构件的管理也是融入其中的,是一个整体与部分的关系,因此也是在飞机结构件制造过程中所涉及的。

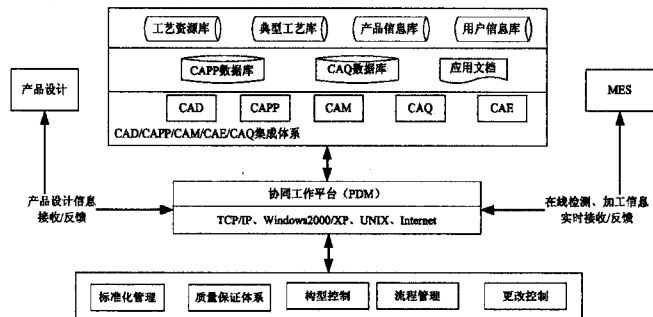
3.PDM 集成框架下飞机结构件的管理

本文经过对制造过程的研究分析,采用基于计算机网络和分布式数据库系统,研究在 PDM 系统框架下的制造过程管理系统,支持企业多层次、多阶段、快速构建工艺设计、管理和应用,其管理体系^[2]所示。



PDM 系统作为国内目前产品数据管理的重要工具, 其基于产品零件 BOM 管理的思路为飞机结构件制造过程的管理提供了理论基础, 并且 PDM 系统在许多制造企业的有效实施对本系统的构建有重大的参考价值。因此, 在如图 2 所示的体系结构下对飞机结构件的制造过程管理平台进行开发, 充分发挥各个功能层次的优越性, 建立基于飞机结构件本身的 BOM 制造过程管理平台也应运而生, 从而保证了平台开发的可行性。

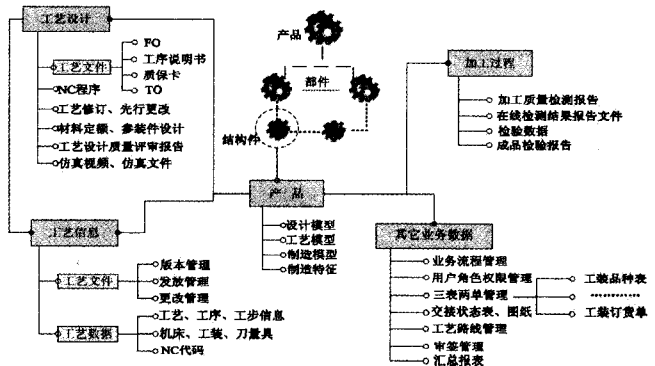
基于 PDM 对飞机结构件制造过程管理平台如图 3 所示,建立了以 PDM 系统为核心, MES 系统与其它 CAD、CAPP 等数字化系统服务于 PDM 系统的统一的数据共享、管理、控制平台,基于 Web 页面的可视化



PDM 作为协作工作平台、企业信息化建设的核心,本系统管理飞机结构件制造过程的主要工具,接收并管理储存由制造过程管理分析所得到的产品、工艺设计、加工过程、其他业务流程数据等与制造过程密切联系的数据。基于 PDM 系统的制造过程管理平台,提高了数字化信息管理的效率。在这个平台上,所有参与设计的人员通过浏览器就可以共享所有的设计、工艺、制造等文档与信息,共同完成产品的创新、开发、设计、制造、维护等工作。

3.3 零件制造的 MBOM 管理

结合我国飞机制造企业以 MBOM 为主要信息管理手段的现状,在本论文中,通过第二章对制造过程的数据进行分析,总结出了制造过程中需要管理的数据,针对结构件制造的 MBOM 管理按上述制造过程管理的五个层面分为五个层次,即产品管理、工艺设计管理、工艺信息管理、加工过程管理、其他业务数据管理,如图 4 所示。



信息化技术的应用,如图3所示的平台下,在全面提升了飞机结构件数控加工工艺技术水平的同时,也促进了制造过程管理的提升,使得能在PDM框架下实现结构件的MBOM管理,体现在以下几个方面:1)CIMS集成制造系统的开发,保证了部门之间数据能够以电子数据的形式及时传递和信息之间的共享,保证异地传输的及时性和准确性;2)CAPP/PDM系统的开发,使得工艺设计过程和工艺数据的管理规范化、标准化;3)CAD/CAPP/CAM/VT/CAQ系统的开发,缩短了工艺设计研发周期,减少了重复劳动,根据零件典型工艺自动生成基于三维CAD模型的零件工艺,大大提高了工艺设计的可行性,并能够将CAD模型信息和工艺信息及时的传入到PDM系统中,实现对产品模型、工艺设计过程、工艺数据、模拟加工过程的管理;4)在线检测系统的开发抛弃了传统的手工取点在三维检验机上进行检测的方式,在数控机床上当某道关键工序完成之后直接进行检测,实时得到工步或者工序的加工结果信息,及时反馈给MES系统,为MES系统进行下一步工作提供了依据,从而减少了装夹时间和检测时间,大大提高了机床的利用率;5)PDM/MES系统的集成,使得生产现场的数据能够实时传送到MES和PDM中,及时反馈加工信息,有效的保证了加工质量,实现了对加工过程的管理。

这些信息化系统的有效实施,是实现基于 PDM 的飞机结构件数控制造过程 MBOM 管理的基础,这些数据及时有效的传入 PDM 系统,保证了数据的共享、异地重构。

本文着眼于飞机制造过程中结构件的加工制造过程,通过对结构件制造过程中产生的数据及其过程管理进行深入研究,构建了基于PDM的制造过程管理平台,实现了在PDM系统异构环境下的飞机结构件数字化信息的集成和共享、文档版本管理、文件检索、质量管理报告、文档的安全性控制等功能;同时实现了飞机结构件工艺设计、数控编程的过程管理和控制,构建了数字化车间的协作工作平台。并通过建立基于结构件本身的制造过程 MBOM 管理,完成对结构件与其相关的制造过程信息的全权管理,真正实现了飞机结构件的产品数据管理,为航空制造企业的结构件管理提供了一种很好的可供参考的管理模式。

[1]范玉清编著.现代飞机制造技术[M].北京:北京航空航天大学出版社,2001.5

[2]李洲洋,田锡天,贾晓亮,陈国定.基于单一企业物料清单的飞机制造过程管理体系[J].计算机集成制造系统,2008,14(7):1356-1362

[3]贾晓亮,张振明,田锡天,许建新.制造工艺信息系统开发实施技术研究[J].制造业自动化,2007,29(01):46-50

[4]张守实,王润孝,张振明.基于构件的飞机制造工艺信息系统开发平台研究与实现[J].机床与液压,2007,35(6):7-10