

# 航空数控车间软件集成技术

Software Integration Technology for NC Workshop in Aviation Enterprise

北京航空制造工程研究所 符 刚



符 刚

北京航空制造工程研究所数字化与柔性装配技术研究室软件工程师,主要从事企业信息系统集成和可重构制造系统方面的研究。

近 30 年来,与信息化相关的先进制造技术(如 CAD、CAM、CAPP、PDM、ERP 等)在航空工业中得到了广泛的重视,在关键技术攻关、目标产品开发、基础研究、推广应用等方面开展了深入的研究,在单项技术和系统集成方面都取得了很大进展,在数控加工生产系统中实现了生产管理、资源管理、工艺数据准备等软件的集成,成效显著。但一些新的高端

针对航空数控车间对制造工程软件的应用需求,以航空数控零件制造过程为对象,以三维数字样机为协调依据,将目前分散、独立和孤岛式的数字化制造软件进行应用集成,建立航空数控车间数字化制造应用软件系统,同时满足飞机数控零件制造过程中数字量协调的工作体系,初步形成满足现代航空企业数控生产制造流程的集成化协同工作环境。

软件,如三维 CAD 软件、产品数据管理软件、企业资源计划系统的引入和应用,使得以往软件系统的集成度和集成平台都不能满足企业当前发展的需求,从而产生了新的信息孤岛和离散的软件系统,给企业未来的发展带来了新的问题。

本课题的研究目的就是针对航空数控车间对制造工程软件的应用需求,以航空数控零件制造过程为对象,以三维数字样机为协调依据,将目前分散、独立和孤岛式的数字化制造软件进行应用集成,建立航空数控车间数字化制造应用软件系统,同时满足飞机数控零件制造过程中数字

量协调的工作体系,初步形成满足现代航空企业数控生产制造流程的集成化协同工作环境。其成果可作为支持在研及未来航空产品研制和生产的数字化集成工作平台,并为今后建立基于网络化和数字化环境的制造系统提供支撑平台,为实现航空产品的制造过程和制造系统集成奠定基础。

## 数控车间数字化制造软件体系结构

数控车间生产现场和生产过程异常复杂,涉及“人”、“机”、“料”、“法”、“环”等众多信息,相关的信息

系统分布在计划、执行、控制等多个层面,通过对航空数控车间调研、分析和归纳总结的基础上,提出了航空数控车间数字化制造软件体系结构,如图1所示。该系统包含8个分系统,其中核心系统5个,分别是制造资源编码系统、制造资源管理系统、制造数据准备系统、车间计划管理系统和生产现场管理系统;辅助系统3个,分别是系统基础平台、生产准备运行系统和现场控制采集系统。

系统基础平台作为整个集成系统的应用门户,将实现各个分系统的统一管理和单点登录。用户在获取特定信息时不需要再进入众多的应用系统,而是通过门户方便快捷地得到。另外,在系统基础平台中,只确定每位用户可以应用哪些分系统,分

系统内部的功能权限和数据权限分布在各个分系统中定义。

制造资源编码系统是体系结构的基础,为其他各个系统提供唯一的制造资源编码,并通过本系统完成对制造资源编码的建立、审批及变更过程的管理。同时通过系统接口为其他子系统提供编码申请及编码检索服务。

制造资源管理系统统一管理与数字化制造相关的实物信息。制造资源包括设备、刀具、量具、夹具、模具、其他工具和材料等。制造资源管理系统管理企业制造资源的形成(制造/采购/其他)、标识、储存、使用等工作的实现方式、工作流程及流程控制模式,一般可分为5个模块,分别为物资管理、刀具管理、夹具管理、设

备管理和量具管理<sup>[1]</sup>。

制造数据准备系统统一管理与数字化制造相关的所有数据信息,主要是CAD/CAM/CAPP系统与PDM系统的集成应用。其中产品结构维护模块为CAPP系统提供产品结构信息和3D模型,工艺资源库模块提供制造资源参数和资源编码,工艺知识库和切削参数库分别提供工艺知识和切削参数,最终生成工艺信息,包括工艺路线、材料定额、工艺规程、检验规程、NC程序、制造资源汇总表等。一般该模块中还提供装卡方案设计、工装设计、仿真校验和打印输出等功能。

车间计划管理系统接收企业生产计划,对于首次生产任务,系统将把任务信息提交给制造数据准备系统,完成工艺准备;对于多次投产任务,则依据产品结构、材料定额、工艺规程等信息生成车间生产计划和物料需求计划。

生产现场管理系统是针对数控车间生产过程管理的主要软件系统。根据车间生产计划、在岗人员信息、工艺信息以及制造资源库存信息等,进行任务排产和自动调度,生成车间作业任务列表。通过实行AO/FO管理,记录和监控车间作业任务的执行情况,并把生产统计信息反馈给车间计划管理系统。在生产现场管理系统中还包括质量管理和设备效率测评等功能。

生产准备运行系统是车间执行层和控制层之间的接口,根据作业任务确定生产过程中需要上传的NC程序列表和配送的具体制造资源列表,同时确定NC文件传送的机床和传送时间以及物料配送时间和目标工位。

现场控制采集系统主要用于控制物料自动配送系统、NC文件传递和自动化刀库的运行,同时可以网络化DNC系统实时取得机床加工数据,将其作为机床效率测评的基础。

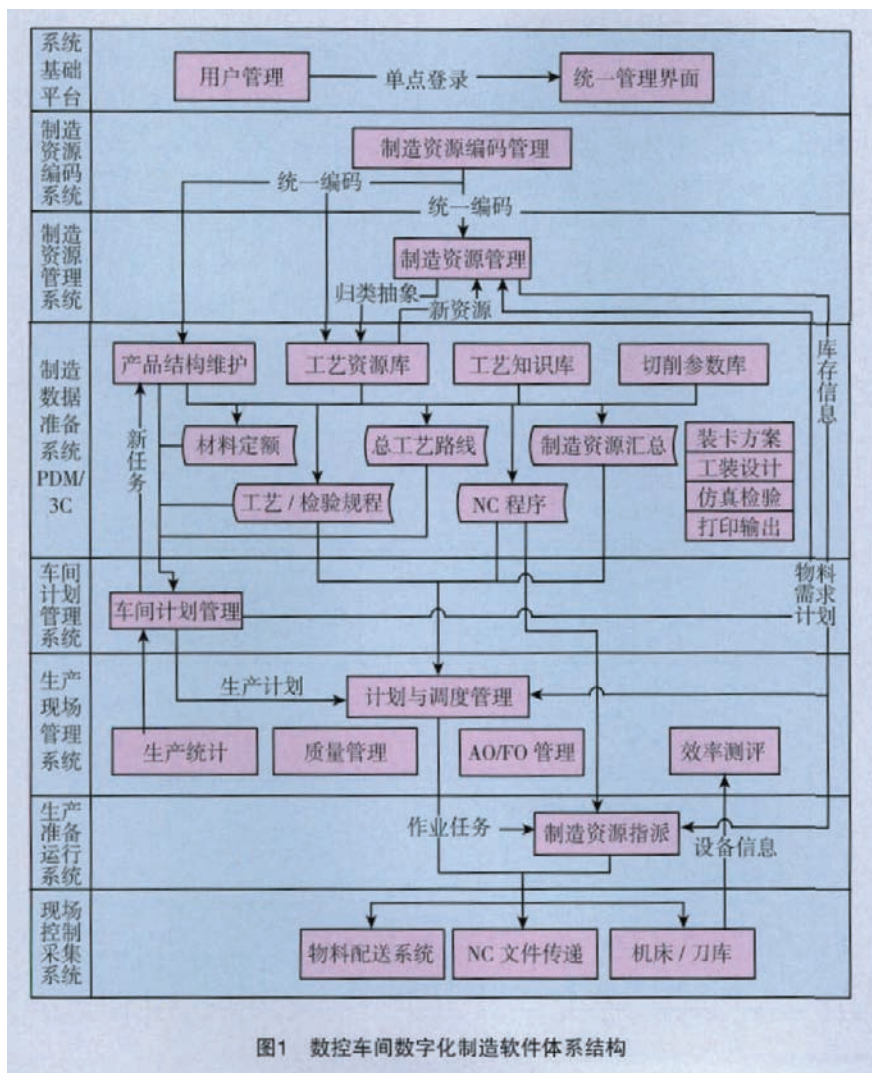


图1 数控车间数字化制造软件体系结构

## 数控车间数字化制造软件系统集成

数控车间数字化制造软件系统集成方案是基于“数控车间数字化制造软件体系结构”而制定的,其中,系统基础平台、制造资源编码系统、制造资源管理系统和制造数据准备系统是系统集成的基础,这4个系统的紧密集成可以保证在车间计划管理系统、生产现场管理系统、生产运行准备系统及现场控制采集系统中运行的所有人员信息、数据信息和实物信息有唯一标识和单一数据来源,保证数据的一致性。车间计划管理系统、生产现场管理系统、现场控制采集系统的集成是车间计划层到执行层再到控制层的集成,生产运行准备系统是车间执行层到车间控制层的集成适配器和人工参与接口,如图2所示。本文将以制造数据准备系统和生产现场管理系统为中心介绍系统的集成方案。

### 1 制造数据准备系统集成技术

在制造数据准备系统中建立制造BOM数据,并且针对变更情况建立变更信息,车间计划管理系统根据制造BOM及变更信息汇总,形成最新的制造BOM数据<sup>[2]</sup>;在制造BOM中统一对零件进行工艺数据及工艺变更管理,其中包括详细工艺规程、材料定额、提前期以及相关工具、工装、辅料等列表信息,这些信息是车间计划管理系统生成车间生产计划和物料需求计划的依据,也是生产现场管理系统做排产调度和开工检查的依据。所以,制造数据准备系统是车间计划管理系统和生产现场管理系统提供基础数据的“数据基地”,同时生产现场管理系统中具体的生产组织过程还是以车间计划管理系统生成的车间生产计划作为主要依据。因此,从信息流来看,制造数据准备系统在车间计划管理系统的上游,而生产现场管理系统在车间计划

管理系统的下游,所以,这些系统与车间计划管理系统的系统集成可以简单地概括为:制造数据准备系统向车间计划管理系统和生产现场管理系统传递制造数据,是一个相对单向的集成;车间计划管理系统向生产现场管理系统传递生产计划和物料需求信息,生产现场管理系统向车间计划管理系统反馈计划执行情况,是一个双向的集成,如图3所示,该部分集成的主要信息集成平台是车间计划管理系统<sup>[3]</sup>。

另外,制造数据的工程变更对下游车间计划和生产过程的影响是该部分集成的讨论焦点,文章背景课题采用的方案是:车间计划管理系统、生产现场管理系统中生产计划、配套计划、工序作业计划的下达,采用最新的BOM和工艺数据,如果期间制造数据准备系统中发生制造BOM变更,计划管理系统、生产现场管理系统中已经下达的计划、库存等信息均不变,系统将在后续的计划中进行体现。这种集成方式,既可以保证生产过程的稳定性,同时也符合军工生产

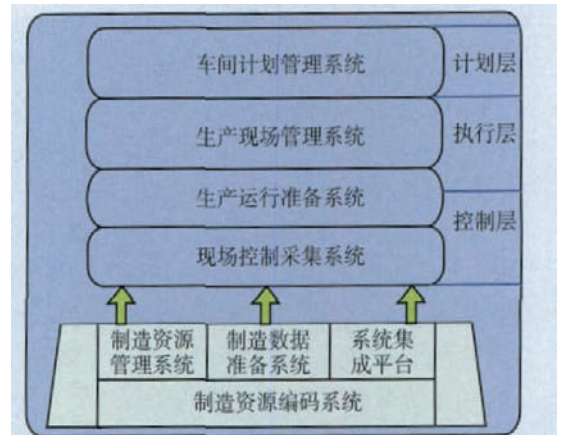


图2 数控车间数字化制造软件集成方案

对于型号、批次的基本要求。系统总体集成思路如图4所示<sup>[4]</sup>。

### 2 生产现场管理系统集成技术

生产现场管理系统调度排产的结果经过确认以后,会形成指导实际生产的作业任务列表。生产准备运行系统通过遍历作业任务列表,得到需要上传到各个加工设备的顺序相关的NC程序列表,以及需要配送到各个工位的毛坯、工装、夹具、量具等制造资源列表。在确定NC程序列表过程中,系统将扫描NC程序列表,得到加工过程所需要的刀具列表,生产运行准备系统将统一确定刀具和其他制造资源的配送时间和目标工位。在刀具列表和毛坯列表中,一般

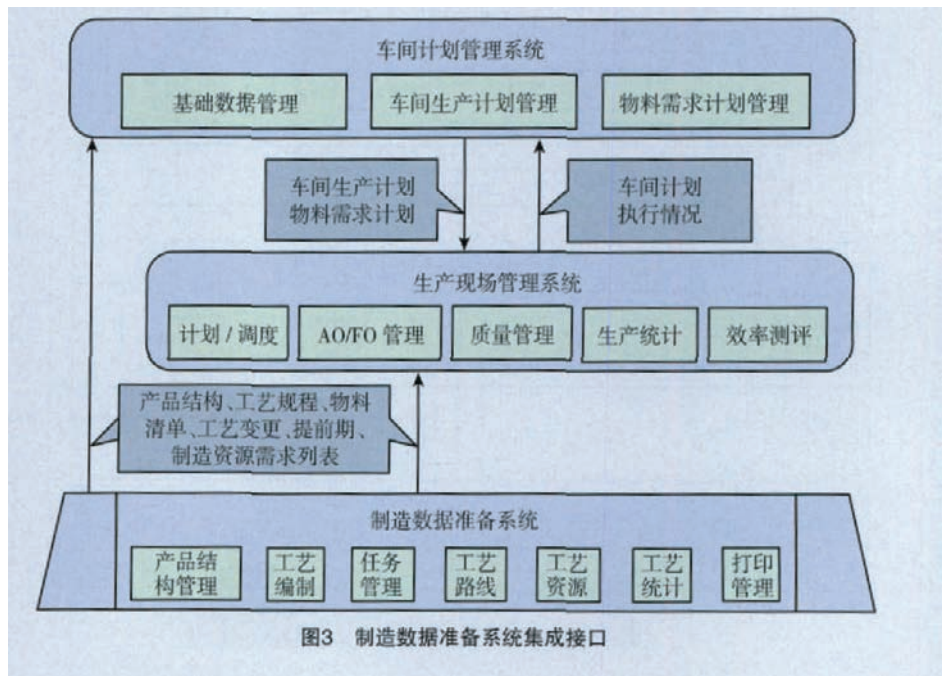
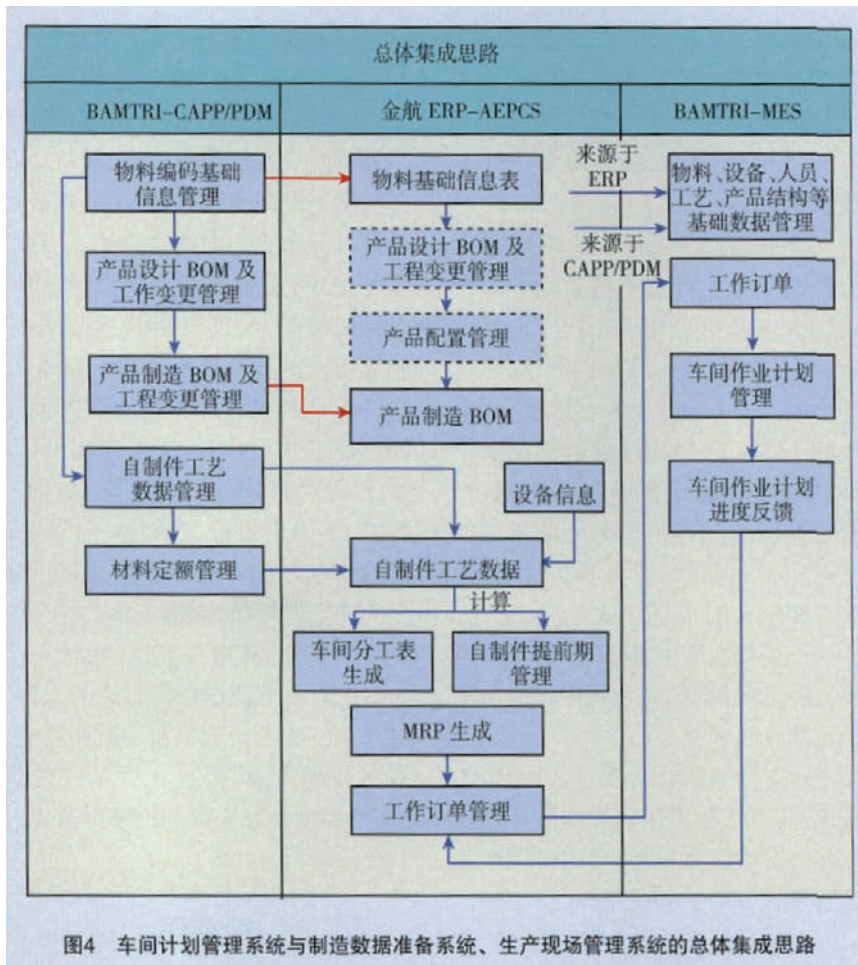


图3 制造数据准备系统集成接口



只有制造资源的参数信息,还不能完全确认配送的具体制造资源个体,一般需要人员干预,在众多系统推荐的可选资源中进行最终确认。生产准备运行系统将需要上传到各个加工设备的 NC 程序顺序表和经过确认的制造资源的配送清单发送到现场控制采集系统。现场控制采集系统将接收这些信息,通过 DNC 模块控制 NC 程序的传输及物料自动配送系统的运行。此外,现场控制采集系统还将采集生产现场状态信息反馈给生产现场管理系统,作为生产统计和设备效率测评的基础数据,集成示意图如图 5 所示。

文章背景课题采用的是基于嵌入式系统的网络化 DNC 系统,用单一的网络化 DNC 系统服务器与可直接嵌入现场制造设备的嵌入式系统模块取代了众多分置于现场的加工工作站,构成了结构简捷、线路清晰

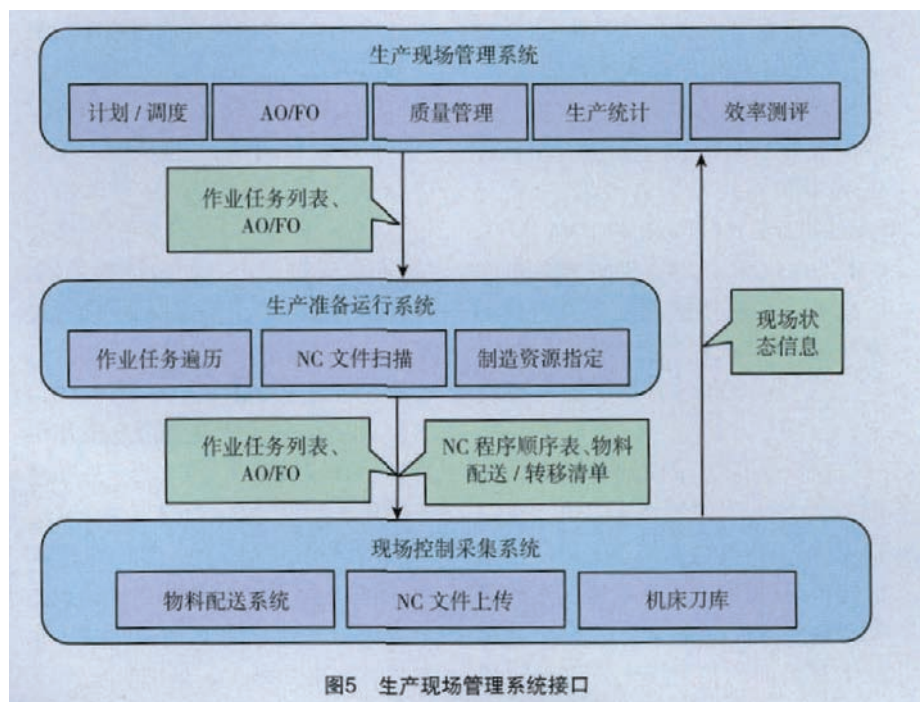
的网络化现场制造系统。现场所有设备包括数控机床、配送车等,都统一分配 IP 地址,作为标准的网络资

源进行管理,成功实现了生产准备运行系统和现场控制采集系统的紧密集成。

现场状态信息分为 2 类,一类与设备紧密相关,可以通过 DNC 系统自动采集,如设备开关机信息、故障信息等;另外一类需要通过其他信息系统或数据终端人工输入,包括在制零件信息、在岗人员信息和人员上岗时间等。背景课题采用的基于嵌入式系统的网络化 DNC 系统的现场信息采集系统结构,通过采用条码、IC 卡、磁卡、RF-IC 卡等技术方法将嵌入式系统与信息采集技术成功融合。

### 信息系统集成技术与方法

随着软件技术的突飞猛进,系统集成技术也得到了很快的发展,在数据层、应用层、表示层和服务层等都有大量技术可供选择,集成模式也有点到点系统集成、企业应用集成(Enterprise Application Integration, EAI)等,近来基于面向服务架构(Service Oriented Architecture, 简称 SOA)的系统集成模式,也得到了多方关注。下边分别介绍几种在数字



化制造软件系统集成中常见的软件集成技术。

(1) 面向数据库访问层的集成技术。

数据库访问层集成是 2 个系统间在数据库访问层进行数据交换的集成方法。该方法接口性能稳定、数据交换实时性强、可跨系统平台等特点,适用于后台批量数据交换。随着数据库技术的不断发展,数据库访问层的数据交换的手段也日益丰富,目前可以实现不同操作系统平台下的异地数据库间的数据实时互访或基于任务计划的定期数据同步。同时配合使用存储过程及 XML 技术也可以实现异构数据库间的数据传递。

虽然数据库访问层的数据集成方法,不论在稳定性指标、系统实时性及跨平台访问能力方面均有良好的表现,但由于完成数据库访问层的数据集成需要接口开发人员对双方系统与接口部分数据结构有深入的了解,所以在具体项目实施过程中具有一定的局限性。

(2) 面向应用层方法调用的集成技术。

该系统集成技术主要体现在大型商业系统二次开发上,这些系统会提供一个系统集成开发工具包,通过对工具包中提供的类和函数的调用,可以访问系统数据和业务流程。这些集成开发工具包,一般会基于某种主流中间件技术平台给出,主要有 Sun 的 J2EE、Microsoft 的 DNA 2000、OMG 的 CORBA 等。但集成深度和广度受厂商提供的开发工具包的功能开放程度限制。

(3) 面向页面表示层的集成技术。

面向页面表示层的集成方式应用范围比较窄,主要用于 B/S 系统结构中,一般待集成系统会提供一个集成接口,只要集成双方提供的功能名称和页面地址符合特定的规则,就可以实现页面的相互访问。这种集成

方式只能进行功能拼凑,一般不能进行深度集成。此种集成方式的难点是系统集成后访问权限的控制。

(4) 基于 Web Service 服务的集成技术。

Web Services 是在 Internet 上进行分布式计算的基本构造块。开放的标准以及用户和应用程序之间的通信协议产生了一种新的环境,在这种环境下,Web Services 成为应用集成的平台。应用程序通过使用多个不同来源的 Web 服务构造而成,不管这些服务到底位于何处或者如何实现,它们都可以相互协同工作<sup>[5]</sup>。Web Service 有以下好处:

- 支持多种开发环境和开发语言,使不同开发语言之间进行通信成为可能;
- 支持 HTTP 协议,可以跨域防火墙,实现远距离传输和通信;
- 支持可查找性,可以 UDDI 服务对 Web Service 进行检索;
- 具有自描述性,多系统之间的接口只需要提供一个接口即可实现;
- 大量的 Web Service 互相交互,可以通过一个中间的代理来实现,这个代理被称为 Web Service Proxy Bus (Web 服务代理信息总线),所有的 Web Service 的调用都通过这个信息总线进行。

(5) 基于 Portal 平台的集成技术。

Portal 是近年 IT 领域的一项重要新技术,它帮助用户在获取特定信息时不需要再进入众多的应用系统,而是通过门户方便快捷地得到。Portal 本身已经由静态网页、内容集成、企业运营平台、应用集成发展到今天完善的 Portal。将 Portal 作为信息集成平台来实现企业信息应用的整合、集成、增值,已经成为企业信息应用集成的重要基础框架。Portal 技术针对本地应用集成、远程应用集成、结构化数据集成和非结构化数据集成方面都提供了非常全面的技术支持和解决方案。

(6) 基于 SOA 架构的集成技术。

面向服务架构(Service Oriented Architecture, SOA)是分布式计算的一种模式。在这种模式下,软件功能在网络上展现为服务的形式,这些服务可以分布于不同的物理地点,可以彼此发现,互相调用,它们之间的耦合是松散的,又是灵活的,可以按照业务需求的变化重新组合。SOA 这些特点使其在应用系统集成方面受到广泛关注。应用 SOA 架构,可以集成不同操作系统下的、不同数据来源的、不同语言开发的、基于不同框架的信息系统。SOA 不仅关注信息交换和流程对接,更进一步关注系统流程的优化,在服务共享、系统安全和系统扩展方面提供了强大的支持。但基于 SOA 的集成系统运行速度慢,系统开销大,需要投入大量硬件资源,且系统开发平台的构建也需要投入大量资金。

## 结束语

对于一个涉及大量数据和流程的集成信息系统,系统稳定性和数据安全性是需要和技术选择和系统设计过程中着重考虑的问题。集成信息系统的性能和易用性是系统能否顺利推行的一个重要因素。条件允许的情况下,还应该投入一定的时间进行人员培训,这对系统的推广应用有非常重要的意义。

## 参考文献

- [1] 王军强,孙树栋,柴永生,等.基于组件的设备管理信息系统的研究与实现.计算机集成制造系统,2004,10(9).
- [2] 王莉娟,宁汝新.数字化制造中的 PDM 与 CAPP 集成技术.航空制造技术,2005(5):48-50.
- [3] 高奇微.PDM 与 ERP 的集成.山东工程学院院报,2000,14(1):56-58.
- [4] 彭义兵.PDM 与 ERP 集成的 3 种方法.中国制造业信息化,2003(11):39-41.
- [5] 张运勇,张智江.中间件技术原理与应用.北京:清华大学出版社,2004.

(责编 淡蓝)