

文章编号: 1006-5911(2001)02-0019-06

基于组件的工厂自动化信息系统^{*}

——下一代工厂自动化信息系统的发展方向

于海斌, 朱云龙

(中国科学院沈阳自动化研究所, 辽宁 沈阳 110015)

摘要: 分析了信息技术的发展趋势和生产管理技术的现状, 描述了新一代工厂自动化信息系统的技术特征。进而提出了基于组件技术的新一代工厂自动化信息管理技术的实施框架, 并详细介绍了从生产准备、生产运行、过程控制与管理、性能分析和工厂之间及工厂与供应链的协作等方面组成的 REPAC 模型和系统的实施方法, 为工厂实施先进的生产管理技术提供理论指导。

关键词: 工厂信息系统; 组件; Windows DNA

中图分类号: TP14 **文献标识码:** A

随着全球经济一体化的深入和信息技术的发展, 市场竞争日趋激烈, 全面提高企业的 T、Q、C、S、E(环境)是企业赢得市场、赢得用户的关键因素。为适应这一趋势, 涌现出敏捷制造、生物制造(Bionic Manufacturing)和智能制造(Intelligent Manufacturing)等一些先进的制造模式和管理思想。这些先进的制造模式适应客户化和产品多样性的需求, 能快速地响应市场变化。生产方式和组织机制的改变对信息技术的应用提出了更高的要求。本文从信息技术的发展, 以及未来工厂对信息系统的需求, 阐述了下一代工厂自动化信息系统的框架和实施方法。

1 新一代工厂自动化信息系统的功能特征

随着生产组织和管理模式的改变, 制造策略发生了巨大变化^[1]。企业与企业之间的合作表现为各企业内部具有独立制造功能和一定自主特征的工厂与工厂间的合作(这里的工厂是英文 plant 之意, 指能独立完成某些特定制造功能的生产制造单元, 并具有一定的自主特征, 类似于传统意义上车间的概念, 但比我们所定义的车间内涵要更大一些, 我国

某些企业所具备的功能与国外的 plant 比较接近, 而与 enterprise 差距较大), 这种合作方式正由传统的集中式生产组织方式逐渐向以合同为契约的、供应链上合作的扁平化组织结构的生产发展, 工厂间的协作已成为未来工厂发展的主要模式。传统工厂的概念已被虚拟工厂的概念所替代^[2,3](如图 1)。在虚拟工厂环境下, 工厂与企业供应链、供应商、客户和低层控制系统联系更紧密。为了确保企业保持行业发展的领先地位, 增强企业资源计划和供应链管理

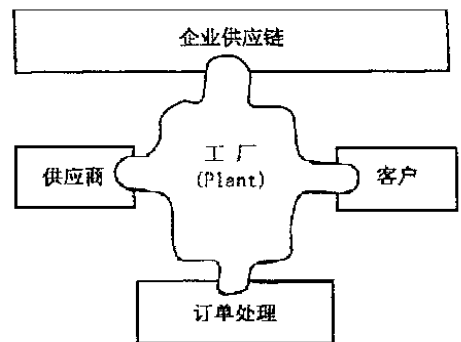


图1 虚拟工厂(Virtual Plant)

* 收稿日期: 2000-03-31; 修订日期: 2000-07-05

基金项目: 国家自然科学基金资助(69974039, 59990470, 69884005); 国家 863/CIMS 主题资助项目(511-944-007)

作者简介: 于海斌(1964-), 男, 中科院沈阳自动化所研究员, 博士生导师, 主要从事工业综合自动化、智能控制系统和先进制造技术等研究。

理的应用效力,对新一代工厂自动化信息系统提出了一些新的要求,主要表现为市场对工厂生产的需求和支持工厂作为供应链上一部分集成的需求。

1.1 市场对工厂生产的需求

(1) 实现短生产周期和低库存生产 工厂能快速地实现在制品的实时跟踪管理,实现低库存生产,能极大地缩短生产周期。同时,具有对订单优先权限的处理能力,能根据订单的紧急程度和生产的实际情况改变订单的权限,以满足特定条件下客户对生产的需求。

(2) 支持快速产品更迭 工厂能够完成多品种的加工,并具有一定的批量柔性及工艺柔性支持生产工艺的变化,实现混批生产。

(3) 支持与产品无关的过程管理能力 要求经营及定货系统与过程和控制系统的分离,更好地实现按过程的质量管理和改进。目前,将产品与生产过程分离,实现生产过程的连续改进,已成为过程控制与改进的发展趋势^[2]。

1.2 工厂对信息系统及集成方面的需求

(1) 具备对短期需求快速响应能力 要求生产系统对不可预见的订单需求,具有更加灵敏的响应速度,以维持供应链的正常运行。

(2) 适应分布自治的生产加工环境 要求工厂生产系统具有分布式、网络化的生产优化调度能力,以适应全新的加工环境,从特征上则表现为分布自治性。

(3) 符合基于合同的生产组织模式 纵向集成的企业必须向以合同为纽带的扁平生产组织方式转变,这一模式已在电子、半导体、汽车、航空,甚至在医药制造行业得到印证^[3],要求生产系统必须是按合同组织生产的自治系统。

以上特征构成了新一代工厂自动化信息系统的基本要素,是实现新的工厂自动化信息系统最基本的功能要求。

2 新一代工厂自动化信息系统的发展方向——组件化

2.1 现有工厂自动化信息系统存在的问题

全球化的经济竞争导致企业生产经营策略的巨大转变,为完成一项合同的生产而形成的虚拟工厂的正常运转,是保证供应链良好运转的前提。然而,现有的工厂信息系统,无论从软件体系结构本身,还是从功能角度,都无法满足新一代工厂信息系统的

要求,具体存在下列几个问题。

(1) 软件功能不全,集成困难 制造业已经普遍认识到制造自动化软件,应由以 ERP/MRPII 为代表的企业管理软件;以监控和数据采集(Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA)、人机交互界面(HMI)为代表的生产过程监控软件和以实现制造信息过程自动化、支持企业全面集成的制造执行系统—MES 软件群组成^[2](如图2)。面向客户的制造管理系统(Customer Oriented Manufacturing Management System, COMMS)模型通过引入 MES 加强车间级的生产计划调度,提高中长期计划的运行效率。但由于传统 MES 本身的开发手段、适用范围较窄,因而无法很好地集成,也就无法解决普遍性问题。

系统	功能	重点	控制方式	层次
ERP	Planning	Overall Business	Information Technology	第一层
MES	Execution	Plant Operation	Plant Information System	第二层
Control System	Control	Production Operation	Real-time Instrumentation Process Control	第三层

图2 COMMS模型

由于没有一家软件厂商在工厂级应用领域能提供各个层面上应用的软件。因而,只有将不同软件功能、不同软件厂商集成到统一的环境下,满足特定用户的需要,这种做法就成为新一代工厂自动化信息系统必须解决的问题。

(2) 现有企业应用系统的组成 现有企业应用系统基本上由两部分组成:一是 ERP 系统,用于制定企业的中长期生产计划;二是低层的生产过程监控。前者是产品订单处理过程(产品和合同),后者是生产过程和控制。这两者间相互脱离,导致在按合同组织生产的模式下,很难建立起面向客户的信息视图和过程视图,无法快速地将客户对产品修改意见迅速地反映到相应的系统中。

(3) 系统运行方式发生了变化 工厂自动化信息系统需要与多个供应链/工厂构成一对多的链接关系。作为供应链上的一个自治节点,需要掌握整个供应链的运转情况,以确保按零库存组织生产,并快速地响应各环节的需要,这需要供应链上的各工厂实现透明访问和互操作。总之,无论系统的运行方式,还是功能和涉及的范围,都是传统工厂自动化信息系统不曾遇到的问题。

2.2 基于组件的工厂自动化信息系统

工厂自动化信息系统不可避免地涉及到不同软件厂商之间的软件集成问题。这里的软件集成包括软件之间的互操作和软件的裁剪、重构。信息产业界为实现自主的软件与其它厂商的软件集成, 实现软件间的通讯, 就需要修改原码、复制映射的数据库表、开发专门的接口等。然而一旦某一单元软件版本升级, 则所有的其它单元软件必须同时修改。

传统的软件结构和开发模式给信息产业界和工业界带来了不少困惑。为避免集成的困难, 企业在实施信息系统工程时, 也尽可能地选择那些覆盖所有业务的应用软件, 以避免陷入软件交互接口的尴尬。如在企业应用领域, 一些有实力的企业选择 SAP/R3、BANN 软件等。

随着计算机技术, 尤其是软件技术的发展, 组件化软件结构为上述问题提供了解决方案。它可以完全实现软件的组装和软件功能的裁剪、重构。因而, 作为新一代工厂自动化信息系统的软件体系结构具有广阔的前景。与传统的 PS 系统相比, 它具有如下优势:

(1) 可集成性好 由于软件结构本身采用了组件技术, 使得系统可以通过装配或扩展对象实现一个特定的应用软件系统, 对象可以在不影响系统中其它对象交互关系的前提下被修改, 真正实现软件构件的即插即用。有关遗产系统, 可通过封装成一个对象而有效地实现与其它系统交互。与传统的信息系统相比, 集成能力大大提高。这不仅提高了企业现有应用系统(遗产系统- legacy system)的生命周期, 降低对信息系统的投入, 而且也为用户选择各种合适的软件提供了更大的选择空间。

(2) 互操作性强 工厂作为供应链上的一个环节, 需要在分布式生产环境下实现异构数据库、异构操作系统间的互操作, 实现透明访问, 以提高系统的响应速度。组件技术的应用为互操作提供了保证。

(3) 具有可重构能力 采用组件技术可有效地实现应用系统随业务过程的变化进行功能配置和动态改变的功能, 满足不同行业、不同企业在生产组织模式不尽相同的情况下搭建相应信息系统的要求。

(4) 敏捷性高 敏捷性是工厂自动化信息系统的根本。在生产中表现为对市场的快速响应和对实际生产环境的应变能力, 在信息系统中表现为系统的可重构、可重用和可扩展(3R 特性)。传统的 PS 系统, 由于其结构本身和采用的开发技术缺乏先进

性, 一个微小的过程改变, 系统就会无所适从, 甚至不能正常运转, 组件技术的应用可有效地解决这个问题。

组件化的信息系统已成为分布式生产环境下企业生产经营管理系统的必然趋势, 是目前信息产业界关注的焦点。新一代 PS 也将毫不例外地采用这一技术构建其基础框架。

3 基于组件的工厂自动化信息系统技术要旨

基于组件的工厂自动化软件系统是新一代 PS 的发展方向。它的实施必然涉及三个技术要点: ¹ 基础结构(infrastructure)的需求; ^o 主导(backbone)应用程序的定位; [»] 配置和集成的需求。

3.1 PS 基础框架

PS 基础框架是实现软构件的物理基础, 它应遵循 CORBA、RMI 和 DCOM 等标准规范, 是一种理想的软总线, 可以方便地实现客户化、可重构、可扩展和互操作等功能, 以及不同厂商之间的集成、遗产系统的保护和即插即用等功能。

目前, 不少软件供应商提供 PS 的基础框架(如 DEC 公司基于 NAS 的集成框架), 可通过企业级和领域级两个层次构建完整的基础框架; IBM 的 Karat 和 CIM 体系结构, 可通过系统使能器和应用使能器构建完整的基础框架, 目前市场上能提供 PS 基础框架的产品不下十余种, 其中最具有影响的则是微软基于组件解决方案(Component - Based Solution Assembling, CBSA)的分布式网间体系结构——Windows DNA^[4](如图 3)。



图3 Windows DNA结构

在 Windows DNA 软件结构平台上, 软件的开发是基于 COM/DCOM 组件进行的, 应用逻辑层的代码以可重用的二进制组件的形式存在, 因而, 组件的生成独立于编程语言。

为有效地管理和利用这些组件, 微软推出了事务服务器——MTS, 它是 Active X 服务器的一个重要组成部分, 是构建高性能三层企业分布式应用的核心服务。它与 SQL Server 和微软 DTC(分布式事

务协调器)共同组成的基于组件的事务处理系统。

Windows DNA 在分布式应用的所有层次上都作了说明,其中包括用户接口、导航器、业务处理和数据存贮。其核心是通过组件对象模型(COM)来集成 Web 与 C/S 两种开发模式。为实现这一目标,Windows DNA 定义了一组公共的基于 Windows 的分布式服务集和公共接口,包括组件:动态超文本标记语言、Web 浏览器和服务器、脚本、事务处理、消息队列、目录、数据访问和用户界面等。这些服务都是以统一的 COM 方式展示给用户应用,使应用能容易地通过 COM 模型与之相结合。因此,当采用基于组件的开发方法,并利用集成于 Windows 平台的这组标准分布式服务及接口时,系统的应用与开发就非常方便。

在数据访问层上,Windows DNA 提供了通用数据访问功能(UDA)。它通过 OLE DB 和 ADO,提供对多平台上各种信息源(关系型、非关系型、Email、文件型数据、文本、图形、层次型数据、地理信息系统—GIS)的高性能访问和易于使用的与工具和语言无关的编程接口。基于组件对象模型的通用数据访问策略,为构建在 Windows DNA 模型上的所有应用提供了统一、通用的数据访问模型。

在 Windows DNA 结构基础上,微软公司提出了制造业 DNA 结构,如图 4 所示。其目标是该结构向上通过 VB 脚本语言,实现与 ERP 等上层企业管理系统的集成,向下与低层生产过程控制系统的集成,从而构建一个完整的、通用的制造业应用体系结构。

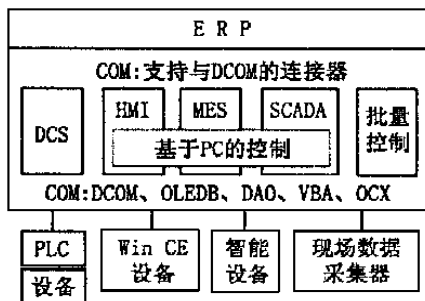


图4 基于制造业DNA的工厂信息系统结构

在实施这一构想过程中,微软公司将集成的产品分为三类: 1 利用微软的工具就能实现基于制造业DNA结构的软件; ° 通过封装集成到DNA框架中; » 与微软根本不兼容的产品。目前,该公司宣布已在PS层上实现了市场上影响最为广泛、分别代表第 1、° 类的企业管理软件——BANN 和 SAP

R3/4.0 的集成与互操作。因而,无论从技术的角度,还是从实际验证的角度出发,制造业DNA已被世界公认是比较理想的PS基础框架。

3.2 主导应用程序的定位

从理论上讲,组件粒度越精细,构建PS系统柔性越高,可重构和扩充能力也越强。然而,这极易使系统开发复杂、庞大。无论从投资规模,还是开发周期,都不切合实际。一个现实做法是根据工厂本身对功能的需求,选择一个主导(backbone)应用程序作为CBSA的核心组件。在此基础上根据工厂的需求增加相应的组件,最终构建一个完整的CBSA解决方案。这里涉及backbone的定位问题。

从工厂级的应用角度来看,核心组件基本上包括三种类型: 1 APS(Advanced Planning Scheduling)产品。此类产品适用于对计划优化调度要求相对较高的工厂,如离散型、单件、小批量、加工周期比较短的生产型企业; ° PIMS(Process Information Management System)产品。此类产品适用于对过程跟踪、管理要求比较高的企业,如化工工业、钢铁工业等过程行业; » 传统的MES(TMES—Traditional Manufacturing System)产品。此类产品功能比较齐全,无论是离散业,还是过程工业均有成熟的软件产品,缺点是没有考虑供应链上的自治节点的管理功能。

企业在定位主导应用系统时,应遵循以下两个原则:

- (1) 具有满足工厂级核心功能的要求,能解决工厂的瓶颈问题;
- (2) 支持工厂级最基本的运行要求。

此外,应考虑未来CBSA技术发展的可能性。目前比较成熟的有SUN公司基于Java的组件解决方案和微软的DNA(Distributed Internet Architecture)两种,均被视为信息产业界的里程碑。其中前者不如后者成熟,影响也不如后者。Windows DNA已引起整个制造业和信息产业界的极大关注。因而,在选择主导应用程序时还应考虑系统向Win-DNA升级、转换的可能性。

3.3 配置和集成

为实现基于CBSA的PS系统,在组件集成基础框架中,必须在三个层次上满足配置和集成的需求,即组件自身的可配置性、组件间的可集成性和各种CBSA基础框架之间的通讯。

- (1) 组件自身的可配置性 每个组件应具有较

好的配置能力。例如,将MES作为PS的核心组件,则该组件必须具有良好的过程建模和逻辑配置功能。通过过程建模和逻辑配置,有效地解决生产中的例外事件,以及非标准工作流程的管理功能,使系统具有更高的柔性。具体而言,过程建模的可配置性应有以下几方面的需求:

①具有处理复杂工作流程的能力 大多数ERP车间层管理系统是按照一定的流程进行的。一旦发生例外事件、出现不确定性因素或流程改变时,原有的过程模型就无法支持系统的正常运转。因而,在PS系统中,要求过程模型能处理实际生产车间的各种复杂流程,这是系统敏捷性的前提条件。

②具有多角度地形成各种信息/过程视图的能力 作为车间级的核心组件,应能从各种不同的视角形成所需要的信息或过程视图。例如,按批次进行零件跟踪、按工作单进行批次跟踪、按订单的成本分析,或按产品/机器加工过程的质量参数采集、机器运转情况、工序进展等,这种需求应是多样性、不确定性的。组件自身应根据不同的需要提供相应的动态配置能力。

③具有版本管理能力 在基于合同的生产环境下,产品、工艺、生产指令单、工程改变通知等各种版本混杂在一起,即使相同的产品在不同的生产环境下也可能不尽相同,形成产品谱系,因而核心组件应能对它进行动态配置。

核心组件除了在过程建模方面需要上述的配置能力外,还应具有逻辑配置功能。一是指在不改变对象原代码的情况下具有改变过程模型的逻辑处理步骤。二是指支持数据类型变化,即要求可配置对象能根据过程建模和业务跟踪的需要,将所需的数据字段自动地加入到对象中,而不需改变用户的应用环境。

(2) 组件间的可集成性 每个组件都应发布公共接口,以实现组件间的集成。

(3) 各种CBSA基础框架之间的数据通讯 无论采用何种CBSA基础框架,必须考虑内部数据通讯问题。如选择DNA与ORACLE、DNA与CORBA和DNA与P&C关系,由于ORACLE可采用ODBC、OLE DB和ADO(Active Data Objects)等技术,因而DNA可以很容易地实现数据通讯。CORBA支持COM和DCOM,DNA支持P&C,因而它们之间的通讯也没有什么问题。

总之,基于组件的工厂自动化软件系统,必须谨

慎地考虑组件的可配置、可集成和通讯三个方面的问题,从而真正实现组件式的PS系统。

4 工厂自动化信息系统的实施要点

为了成功实施工厂自动化信息系统,需要一套比较完善的系统实施方法和规范指导,这里简要介绍PS的实施要点。

第一步:使用REPA模型分析和确定工厂需求

AMR在调查了大量企业的基础上提出了新一代工厂自动化信息系统的REPA模型(如图5)。在该模型中,重点强调了工厂/车间五个最基本的业务过程。它们分别是生产准备(ready)、生产运行(execute)、过程控制与管理(process)、性能分析(analyze)和工厂间及工厂与供应链的协作(coordinate)。

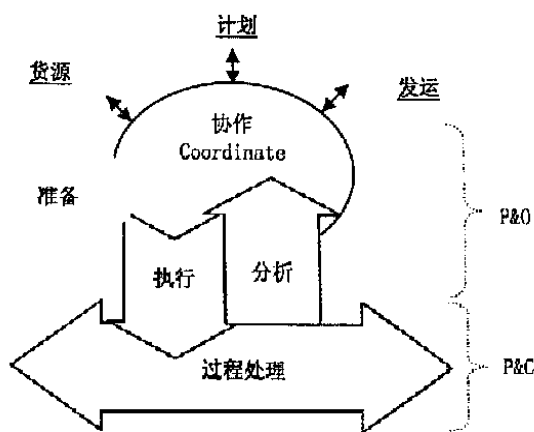


图5 REPA模型

(1) 生产准备 指一个产品加工前的各项准备工作,主要包括生产过程定义、控制、产品技术说明、图纸文档资料、工程执行通知和质量管理等一系列无纸化业务过程的工作。为缩短产品生命周期,提高生产效率,工厂必须在产前准备阶段快速地完成这一系列业务活动。

(2) 产品的加工制造 这一过程重点在于产品/订单的执行,主要包括计划调度管理、在制品跟踪、人员/设备配置,以及实际生产进展记录等。它类似于典型的MES系统。

(3) 过程控制与管理 这一过程的重点是对过程的自动化处理与控制,主要包括MMI、SCADA、PLC、DCS和一体化控制器等。

(4) 过程性能分析 这一过程着重根据主要性

能指标进行产品质量、生产过程的改进工作,同时为供应链计划管理提供相关数据,为下游的产品/部件的组装提供资料。由于工厂作为供应链上的一个环节,即使它在整个供应链中占据很小的位置,但仍然需要管理大量的数据,并经分析、综合后提供给相关的工厂。

(5) 协调 这一业务过程主要负责各厂间的活动协调,以便当某一项计划改变时,与此相关的人员在进行一个新的任务时能及时地作出相应地处理。原则上,它利用性能分析过程提供的数据与实际生产情况,采用有限能力调度算法进行协调。

REPAC 模型作为一种新的分析参考模型,为工厂实施新的 PS 系统提供了科学的、合理的分析方法。AMR 在指导实施北美企业时均采用了此参考模型。

第二步:选择基础框架

目前,PS 市场正逐渐向微软的 CBSA 方案(WIN - DNA)靠拢^[4],应尽可能地选择 WIN - DNA 作为其基础框架。有些工厂已大量地采用了 IBM AS/400、Compaq/Dec VMS 或是 HP 的 MPE 等。对于此类情况,在选择基础框架时,可考虑以下两条原则:¹ 该框架能否实现与微软的互操作;⁰ 能否支持 SUN Java/CORBA。

第三步:选择工厂级主导应用系统

根据工厂的实际需求,分别选择 APS、PIMS 或 MES 等作为工厂级主导应用系统。

第四步:分步实施

由于系统的复杂性,应按照业务需求和效益驱动的原则,分阶段、分步骤地实施 PS 系统。

第五步:增加新的组件,构建完整的 PS 系统

在分步实施过程中,根据实际业务的需要,开发一些新的组件,使其功能逐步完善。

第六步:不断完善工厂生产过程运行机制,这是保证系统生命力不可缺少的一环。

5 结束语

本文从各种不同的角度详细介绍了工厂自动化信息系统存在的问题,并从技术角度探讨了未来 PS 系统的发展方向。目前新一代工厂自动化信息系统已成为软件厂商开发的热点,也是企业在新的管理模式和生产方式下必然遇到的问题,应引起我们足够的重视。

参考文献:

- [1] XUE Jingsong, YU Haibin, et al. Implementing CIMS in shenyang blower works[J]. The Int. Journal of Manufacturing Technology Management. 1999, 10(2).
- [2] Next generation plant systems: the key to competitive plant operation, AMR consulting by jim heaton[EB/OL]. <http://www.amrconsulting.com>. 1998.
- [3] The challenge of enterprise applications system management - an AMR consulting whiter paper[EB/OL]. <http://www.amrcorconsulting.com>. 1998.
- [4] Microsoft windows DNA for manufacturing[EB/OL]. <http://www.microsoft.com>. Whiter Paper, 1999. 2.

Component- Based Plant Automation System

YU Hai- bin, ZH U Yun- long

(Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy Sciences, Shenyang 110015, China)

Abstract: The paper analyses the state of art in production management and the trend of information technology. Some features of next generation plant system are described. The infrastructure of PS based on component is proposed and the model of REPAC(Ready, Execution, Process, Analyzing and Coordinating) is illustrated. Further more, the strategies of implementing PS are discussed in detail.

Key words: plant system; component; windows DNA

CIMS 编辑部电子邮件地址变更为:

Email: Bam t@ north. cetin. net. cn。 敬请广大作者和读者注意。