

文章编号: 1002-0411(2000)05-0385-08

面向 CIPS 的企业集成化建模技术研究

沈具东¹ 熊刚² 刘铁铭¹ Tim o R. Nyberg² 范玉顺¹

(1. 清华大学自动化系, 国家 CIMS 工程技术研究中心 北京 100084;

2. P. O. Box 692, FIN- 33101, Tam pere, Tam pere University of Technology)

摘 要: CIPS 是流程性企业实现企业信息化, 实现企业各系统的信息集成和过程集成, 从而提高企业市场竞争力的综合自动化系统工程. CIPS 的本质是系统集成和技术融合. 为了在流程性企业实现这一目标, 急需一套先进的方法论和支持工具来支持和指导 CIPS 的规划和实施. 其中, 集成化建模技术为缩小 CIPS 理论研究与 CIPS 工程实施之间的差距提供了机会, 基于集成化建模理论的建模方法、建模工具和分析工具也能够有效地帮助企业建模理论转化为可操作的企业模型. 本文在分析了 CIPS 的应用特点及系统构成的基础上对面向 CIPS 的企业集成化建模技术发展趋势及其关键技术做了概要性的描述, 并对其中的两项较关键的技术进行了探讨, 提出了面向 CIPS 的企业集成化建模体系结构及面向 CIPS 的企业集成化建模与仿真过程框架. 面向 CIPS 的企业集成化建模技术研究为 CIPS 的理论研究与系统应用提供有利的支持.*

关键词: CIPS; 企业集成化建模, 体系结构, 过程框架

中图分类号: TP14

文献标识码: B

1 引言

CIPS(Computer Integrated Process System, 计算机集成过程系统)是指针对过程工业的特点, 综合应用信息技术、现代管理技术及先进的自动控制技术来改造传统意义上的流程工业, 着眼于企业的过程集成和信息集成, 以提高企业市场竞争力的综合自动化系统工程. 良好的 CIPS 系统应具有很好的开放性、可扩展性、实时性和集成性. 它在计算机网络和数据库系统的支持下, 把整个企业的主要信息集成起来, 包括生产过程控制信息、计划调度信息、生产工艺操作优化数据、市场信息、产品质量数据、管理信息和财务数据等. 这些信息的集成和利用, 对生产过程的管理和优化将起到重要的作用. 为实现这一目标, 急需一套先进的方法论和支持根据来支持和指导 CIPS 的规划和实施. 其中, 集成化建模技术为缩小 CIPS 理论研究与 CIPS 工程实施之间的差距提供了机会, 基于集成化建模理论的建模工具和分析工具也能够有效地帮助企业建模理论转化为可操作的企业模型. 这样将为 CIPS 的应用提供有利的支持. 目前, 对于离散性的企业, 已经出现了若干种企业建模方法和工具, 如 CIM - OSA^[1]、GRAI - GIM^[2]、PERA、ARIS^[3]、DEM^[4]和 IDEF^[5]等, 典型的是以多视图形式对企业进行建模, 对企业的不同方面, 用不同的视图来进行描述. 例如 CIM - OSA、ARIS 和 GIM 分别使用了功能视图、资源视图、信息视图、组织视图、过程/控制视图和决策视图来进行建模. 但对针对流程行业的 CIPS 实施来说, 由于这种企业生产和管理强调的重点不一样, 因此企业建模的方法和体系结构也大不一样. 本文在研究 CIPS 应用特点及系统构成的基础上对面向 CIPS 的企业集成化

* 收稿日期: 1999- 12- 26
基金项目: 清华大学与芬兰坦佩尔技术大学合作项目

建模技术发展趋势及其关键技术做了概要性的描述,并提出了面向 CIPS 的企业集成化建模体系结构及面向 CIPS 的企业集成化建模与仿真过程框架。

2 CIPS 的应用特点及系统构成

2.1 CIPS 的应用特点

流程工业是一种高度复杂的连续过程系统,工程特征大都表现为大范围不确定、高度非线性、强关联性和交错的信息结构,这给实现企业管理、生产调度、操作优化和过程控制带来了相当的难度,而且 CIPS 工程还要同时考虑经营、销售、物资供应、产品运输储存、新产品开发、资金投放、金融市场等其它一些企业业务活动,也就是要根据流程工业的原料变化、市场对产品质量的需求变化、连续生产流程可能的柔性和不同的管理模式,运用 CIPS 思想,在不同时空层次上,实现生产过程物流、信息流及价值流的综合控制和管理,同时实现人/组织、管理和技术的有效集成。CIPS 和 CIMS 研究与实施的对象不同,流程工业和离散工业的不同特点,因此实现 CIPS 和 CIMS 的关键技术有很大区别。下表列出了 CIPS 和 CIMS 应用特点及关键技术的比较^[6]。

表 1 CIPS 和 CIMS 应用特点及关键技术的比较

(CIPS)应用特点(CIMS)		(CIPS)关键技术(CIMS)	
批量生成的连续过程	分工序多品种的单件生产	计算机辅助实时监控技术	CAD/CAPP/CAM/ERP 的信息集成
物流和能源流不间断,工艺流程不变	工艺流程中各步不是很紧凑	实时故障检测及诊断技术	柔性生产加工及敏捷化制造
生产环境为高温、高压、易爆、有毒等	生产环境为常规环境	系统综合平衡及优化技术	各子系统之间的信息集成、功能集成及过程集成
主要技术有 DCS、操作优化及先进控制等	主要技术有 FMS、CAD/CAPP/CAM、ERP 等	强调可靠性、实时性及任务分配合理性的分布式计算机系统及网络技术	强调开放性、共享性及分布式处理的分布式计算机系统及网络技术
强调过程最优化	强调柔性组织生产	复杂大系统建模、仿真及预测技术	集成化企业建模及仿真技术

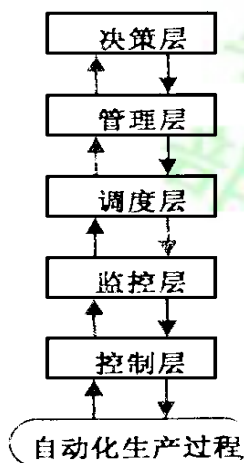


图 1 CIPS 的功能层次图

2.2 CIPS 的功能层次

一般流程行业的 CIPS 的功能层次划分都比较明朗。右边的图 1 表示了 CIPS 的功能结构层次^[7]。它从企业生产控制底层到企业业务经营决策与管理的上层,呈一种递阶结构。顶层为生产经营决策层:它是根据企业的发展规划及企业经营目标,并综合企业内部及市场对企业的产品的要求对企业的生产经营进行决策支持;第二层为业务信息管理层:它的主要任务是实现企业的办公自动化管理、生产管理及经营管理,并且能够作到集成化管理;第三层为生产调度层:这一层的主要工作是根据生产计划分解的结果将它形成生产调度的指令,及时平衡、优化地组织生产;第四层为生产过程监控层:它的主要功能是根据生产调度指令实现生产过程的优化、先进控制、故障诊断及过程仿真等功能;最底层为生产控制层:它的功能是对生产过程运行状态实现检测、监视、常规控制和其它先进控制,它一般对应 DCS 系统。

2.3 CIPS 的集成应用子系统

如上所述, CIPS 的体系结构一般划分为五个层次, 即经营决策层、生产管理层、生产调度层、过程监控层、基础控制层。根据连续生产过程的控制- 优化- 调度- 管理- 经营决策一体化和信息集成的需要, CIPS 工程可在企业网络数据库(通用数据库、专用数据库)等集成化的支持系统上按企业综合信息管理系统、生产过程控制系统及人与组织系统三部分来实施^[8]。CIPS 的系统构成如图 2 所示。

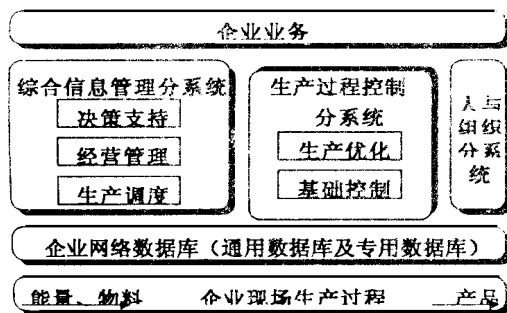


图 2 CIPS 的集成应用子系统

具体来说, 企业综合信息管理总分系统包括生产调度、经营管理、决策规划等, 采用计算机技术, 实现全企业的综合管理; 生产过程控制子系统主要对生产过程数据实时采集, 进行常规控制与生产优化, 保证生产平稳、安全操作, 达到节能和提高产品质量等目的, 通常以集散控制系统 DCS 为基础; 人和组织分系统是企业在充分考虑企业内部的整体协调, 利用信息技术设计更有效率的工作流程, 取消不合理的组织机构, 理顺业务关系, 将企业从传统的注重部

门分工与专业化的组织形式向以作业流程为中心转化, 重新组合部门功能, 提高企业人员的素质, 以实现人、技术系统与管理的有机集成。网络数据库支持系统则是企业信息管理与控制的基础, 由于流程行业会有大量实时数据的产生并需要管理, 所以采用通用数据库和专业数据库相结合的数据库管理形式, 它们为 CIPS 集成工作提供必要的支持。

3 面向 CIPS 的企业集成化建模发展趋势及关键技术

3.1 面向 CIPS 的企业集成化建模发展趋势

根据市场竞争对于流程性企业的发展提出的要求和当前国内外企业建模与分析技术的现状, 综合计算机集成过程系统和计算机技术的发展趋势, 本文认为面向 CIPS 的企业集成化建模与分析技术的发展趋势如下:

(1) 全企业范围和全生命周期的支持: 企业建模方法和工具应该支持企业的全部应用范围(包括企业的功能、信息、组织、资源, 以及产品的设计、生产过程)和企业实施 CIPS 的全生命周期(需求分析、设计、实施);

(2) 基于 CIPS 参考体系: 企业建模方法与相应软件工具的建立在理论上需要有良好的 CIPS 参考体系结构作为支持基础, CIPS 体系结构指导建模框架和建模方法的形成, 指导建模软件的设计与组建;

(3) 集成化建模方法: 从发展多个独立的视图发展到集成化企业建模阶段, 即虽然可以使用多个视图表示企业的不同侧面, 但是这些视图之间是一个有机结合的整体。引言中所介绍的建模方法, 都不同程度、从不同角度支持企业建模过程, 但是都不能完全满足企业建模的需要, 因为企业建模应能满足对企业现状分析、设计企业重组方案直到实施的全生命周期的支持, 但是现在没有一种建模方法能够满足上述要求, 当然可以分别采用几种建模方法对于企业建模过程的各个侧面、各个阶段的工作进行支持, 但是由于各种方法的语法规则和建模思想的差异, 很难保持这些方法之间的一致性, 因此需要一种集成的、以企业建模过程的一个或几个建

模视图为主,其它视图为补充的对企业进行全面建模方法,并开发支持该方法的建模工具,以保证建模过程的一致性和建模结果的重用,以保证对企业建模全生命周期的支持;

(4) 加强分析功能:在发展建模方法的同时,加强对模型的分析功能,因为通过系统化的仿真分析可以对所建立的企业进行功能、组织和过程的优化,这也是建立企业模型的一个最重要的任务;

(5) 采用模块化、层次化和可重用的建模软件系统结构。

3.2 面向 CIPS 的企业集成化建模关键技术

从整体而言,CIPS 的指导理论包括三方面,即体系结构——一组代表整个 CIPS 各个方面的多视图多层次的模型集合;参考模型——填入体系结构中的模型的定义;方法论——按体系结构的描述,利用参考模型设计实施 CIPS 过程中使用的各个方法的总和,包括建模方法,模型的分析设计方法和对实施过程的指导。为了达到为企业快速实施 CIPS 提供方法学、建模与优化工具及企业参考模型提供支持,根据以上对 CIPS 应用特点、系统构成的分析及面向 CIPS 的企业集成化建模技术的发展趋势,以下围绕 CIPS 建模体系结构、参考模型及建模方法论列出了面向 CIPS 的企业集成化建模关键技术:

(1) 建立适合于流程行业的 CIPS 集成化建模体系结构。该集成化建模体系结构应吸取现有的各种企业建模体系结构方面研究的成果,能反应流程行业生产的特点,能方便模型的集成、分析和设计,能同时描述系统中的状态因素和行为因素,能对实施进行全面指导。

(2) 建立适合流程行业的企业集成化建模方法学。该方法论应包括针对流程行业生产经营特点的行之有效的建模方法,建模过程;模型特性指标的检验方法(如信息流量分析,可达性检验,死锁的检测,瓶颈分析和成本链分析等),企业模型优化运行的指标体系评价方法,如对时间(周期)、成本、设备(资源)利用率、瓶颈资源、优化方案等的评价方法;企业模型仿真与优化方法,即针对企业优化运行的评价指标,提出企业模型的仿真方法,并在仿真分析结果的基础上,提出优化系统性能的策略和可实施的方法。

(3) 建立面向 CIPS 的企业参考模型。该企业参考模型遵循 CIPS 企业集成化建模体系结构和建模方法学。给出面向某特定行业 CIPS 的通用结构、基本内容、建模构件及其建模原则与指南。研究和开发企业参考模型的目的是为企业实施 CIPS 工程提供一套优化的参照体系和实施指南。从参考模型出发,遵循建模方法论及其利用建模工具,快速、高效、优化地建立企业模型,指导企业 CIPS 的分析、设计、建立与运行。面向 CIPS 工程实施的企业参考模型的研究内容包括:企业参考模型的抽取过程与方法,企业参考模型的优化及企业参考模型的管理与维护及其相应工具。

4 面向 CIPS 的集成化建模体系结构

企业是一个极其复杂的社会与技术系统,企业的集成和优化需要对企业的复杂性进行分解和简化,而企业建模提供了描绘面向过程系统的方法,把复杂的系统分解成可管理的部分,因此企业建模是成功的企业集成与优化的基础。然而,企业建模需要企业建模方法学的指导,CIPS 企业建模方法学的内容涉及到 CIPS 企业模型的体系结构、模型描述方法和建模过程。CIPS 企业模型的体系结构从总体上描述了企业模型的基本概念、内容(子模型)及其相互关系,CIPS 企业模型描述方法给出了各子模型的具体描述方法,CIPS 企业模型的建模过程指导用户按照一定的步骤使用这些概念和方法建立企业模型。

参照目前较有影响的 CIMOSA 建模框架^[1]、ARIS^[3]的基于过程的集成化系统框架及 BAAN-ERP 的 DEM^[4](动态企业建模)的思想,并结合流程行业的特点,本文提出了 CIPS



图3 面向 CIPS 的集成化建模体系结构

的企业建模系统体系结构^[9], 如上图3所示. 该体系结构是由产品生命周期维、视图(或子系统)维及功能层次维组成一个三维的立方体结构. 体系结构的每个侧面描述了企业建模关心的不同阶段、不同视图(或子系统)和不同的功能层次. 根据产品生命周期的不同阶段, 系统又可分为模型区和领域区, 在领域区中可将系统分为三个子领域: 信息子领域、生产控制子领域和人与组织子领域.

该体系结构认为模型的建立及模型的分析主要在概念阶段, 即生命周期中的需求定义、需求分析及设计说明阶段. 实施描述和运行维护阶段的工作目标和对象是很具体的, 不需要再建立实施阶段的信息模型、控制模型等. 所以从模型到具体的系统领域之间有一种映射关系, 也就是建立企业模型并用模型分析研究生产系统后, 就要将它映射到技术性的信息系统、生产过程控制系统以及人和组织系统的详细设计和具体实现上.

在进入实施描述阶段后, 不再需要抽象的建模分析, 可将前面分析和设计的结果分别归属于信息领域、生产过程控制及人和组织三个领域, 每个领域都有其相应的实现形式. 这样就要将四个视图的需求映设到三个领域的具体内容, 各领域的专业技术人员应能理解如何映射并作出详细设计.

下面对模型体系结构的三维分别进行描述:

(1) 生命周期维

生命周期维分为需求定义、需求分析、设计说明、实施描述和运行维护五个阶段. 需求定义、需求分析和设计说明阶段是系统和模型的 Design Time, 实施描述阶段是模型的 Release Time 和系统的 Build Time, 运行维护阶段是系统的 Run Time 和模型的 Redesign Time. 各阶段要完成的工作情况如下:

a) 需求定义、需求分析阶段: 在业务调查、现状分析、需求定义的基础上建需求分析模型,

需求模型主要定义企业对业务的需求,包括对过程、功能、组织、资源等的需求,但不考虑企业实际过程、功能、组织、资源等的约束;

b) 设计说明阶段: 解决企业业务在技术上如何实现的问题,涉及过程、功能、组织、资源和信息,同时考虑企业实际过程、功能、组织、资源和信息的约束,考虑系统的工作流、信息流、物流、价值流,并对模型进行仿真和优化;

c) 实施描述阶段: 模型的释放和系统的构造阶段,通常只增加对信息视图的描述,并对实施过程中的改变加以记录;

d) 运行维护阶段: 根据系统的运行情况,对模型进行再设计,并将其动态地反应到系统中去,即所谓的系统动态重构。

(2) 视图维

一个企业应包括许多项业务,每项业务由一个业务模型描述。每个业务模型包含一个信息模型、一个控制模型、一个对象模型及一个经济模型。各个模型之间存在引用、关联及映射等的相互联系。各模型的具体功能及作用如下:

a) 信息模型: 描述企业业务过程中信息对象的各种属性和相互之间的关系;

b) 控制模型: 针对以上各层的功能和要求,在掌握了各种有效信息的基础上,提出相应的控制策略和方法;

c) 对象模型: 描述控制对象的特性,建立相应的数学模型;

d) 经济模型: 描述和实时评估企业建立和实施 CIPS 集成化模型的经济状况和效益分析,以便企业正确有效地实施 CIPS。

(3) 功能层次维

建模体系结构的功能层次维是根据企业的组织形式,将整个企业的业务活动分为递阶的五层结构。每层的具体含义可参见前面的描述。功能层次维和视图维一起形成了企业在各个功能层次上的具体信息或模型。

5 面向 CIPS 的企业集成化建模与仿真过程框架

在大型的综合自动化系统中,建模体系结构对 CIPS 具体设计和实施有着重要的指导作用,系统的具体设计和实施都是围绕体系结构来进行的。但有体系结构指导的企业集成化建模与仿真系统则是具体的系统实现。它的主要功能是企业 CIPS 的需求分析、方案设计与系统实施提供建模与仿真的方法指导、过程指导、支持工具、企业参考模型和实施指导。其中,建模与仿真的过程描述是系统实现的基础。以下的系统结构图即详细描述了面向 CIPS 的企业集成化建模与仿真的过程框架。

本过程框架采用基于分布式对象的对象请求代理机制(如 CORBA 的 ORBIX for WEB 或 DCOM)^[10],即软件总线及其服务为系统支撑环境,而应用系统主要由建模工具系统、模型仿真优化工具系统和模型实施工具系统组成。

建模工具系统由建模环境和相应的视图建模工具组成一个集成化的系统。视图建模工具系统以信息视图、控制视图、对象视图和经济视图建模工具为基础,通过模型映射与管理工具实现不同建模阶段与不同视图模型之间的映射与转换。

模型仿真优化工具系统以基于对象请求代理服务作为支撑,包括集成化的建模工具、仿真环境和企业性能评价体系。模型仿真系统对已建立的模型进行仿真,企业模型的信息视图、控

制视图、对象视图、经济视图将借助映射机制进行相互映射,并在仿真环境下的运转得到企业模型的仿真结果.在此基础上,企业性能评价体系将基于 BPR 思想对仿真结果进行分析,发现存在的问题,指导企业组织结构、资源配置和业务流程的优化.

模型实施工具系统通过对模型的实例化和执行服务实现对于企业 CIPS 实施的支持,尤其是实现对于部分需要进行过程集成的运行系统的支持,也可以通过实例化运行分析为企业的 CIPS 实施的不同方案提供比较结果和比较接近企业运行的模拟运行环境,为实施 CIPS 的技术人员提供比较直观的指导.

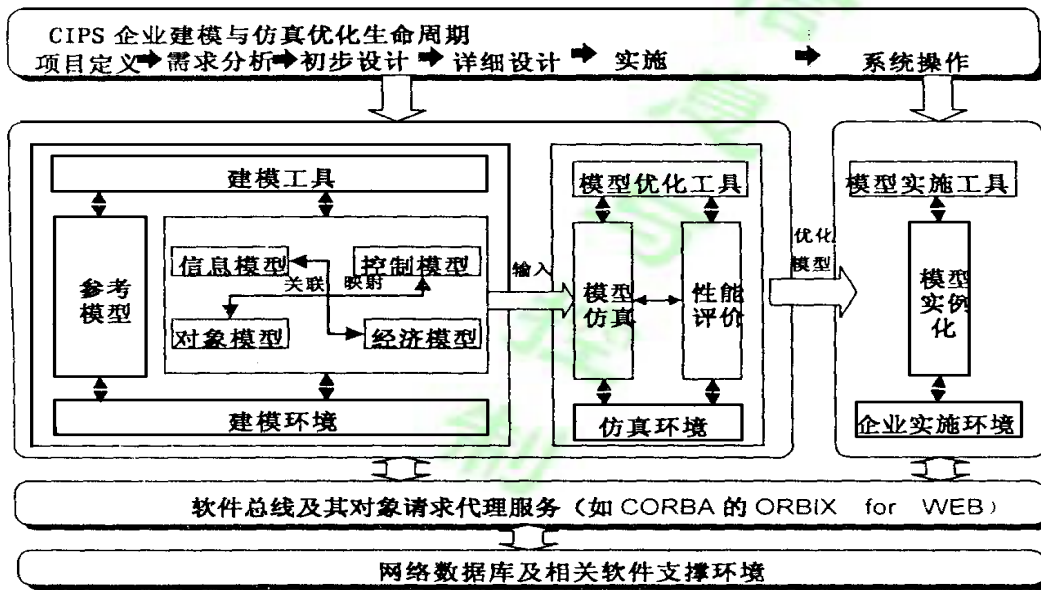


图 4 面向 CIPS 的企业集成化建模与仿真过程框架

6 结论

CIPS 的核心是系统集成和技术融合,它面对一个复杂的自动化工业大系统,追求的是企业全局的信息集成、功能集成和过程集成.面向 CIPS 的企业集成化建模技术为 CIPS 的设计、规划和实施提供了指导和可转化为实际操作的集成化企业模型.本文对在分析了 CIPS 的应用特点及系统构成之后对面向 CIPS 的企业集成化建模技术做了概要性的描述,并对其中的两项较关键的技术进行了探讨,提出了面向 CIPS 的企业集成化建模体系结构及企业集成化建模与仿真过程框架.但是,目前该项技术还处在不断发展的过程中,面向 CIPS 的企业集成化建模还有许多待研究的领域,如集成化模型在 Internet/Intranet 上的应用与集成,集成化建模技术与电子商务技术的集成等.

参 考 文 献

- 1 AM ICE. CIM-OSA: Open System Architecture for CIM. Springer-Verlag, 1994
- 2 Doumeings G. GIM+GRAI Integrated Methodology. 1992
- 3 August-Wilhelm Scheer. ARIS-Business Process Modeling, Second, Completely Revised and Enlarged Edition,

- Springer, Berlin, 1999
- 4 Rodim van Es, Editor. Dynamic Enterprise Innovation: Establishing Continuous Improvement in Business, BAAN Business Innovation B. V. The Netherlands, 1998
 - 5 陈禹六, 周之英, 裴少鹏等. IDEF0 及 IDEF1X 复杂系统通用的设计分析方法. 北京: 电子工业出版社, 1991
 - 6 曲润涛, 彭 健, 杜秀华. CIPS 和 CIMS 中关键技术的比较. 化工自动化及仪表, 1998, 25(5): 23~ 26
 - 7 曲润涛, 彭 健, 杜秀华, 冯为民. 基于 CIPS 体系结构的信息模型的实现. 化工自动化及仪表, 1998, 25(2): 27~ 30
 - 8 柴天佑, 李 平, 桂卫华. 流程工业 CIMS 的研究现状与对策. 第五届中国计算机集成制造系统(CIMS)学术会议, CIMS-China'98 论文集, 1998. 8 成都: 48~ 54
 - 9 王锦标. 连续过程工业 CIPS 四维体系结构的研究. 化工自动化及仪表. 1996, 23(5): 30~ 34
 - 10 Otte R, Patrick P, Roy M. Understanding CORBA- the Common Object Request Broker Architecture. Prentice Hall, New York. 1996

RESEARCH ON ENTERPRISE INTEGRATED MODELING TECHNIQUES IN CIPS

SHEN Ju-dong¹ XIONG Gang² LIU Tie-ming¹ Tim o R. Nyberg² FAN Yu-shun¹

(1. *The National CIMS Engineering Research Center, Automation Dept., Tsinghua University, Beijing 100084, China;*

2. *P. O. Box 692, FIN-33101, Tampere University of Technology, Tampere, Finland*)

Abstract: CIPS is a synthetic automation system engineering in which the process enterprises can carry their industries into modern information practice, make information integration and process integration among all their information systems so as to improve their competition power in markets. The essence of CIPS is system integration and technology fusion. In order to obtain this goal, the process enterprises need a set of advanced methodologies and support tools urgently to direct and support the planning and implementation of CIPS. As we can see, enterprise integrated modeling techniques make it possible to turn the enterprise modeling theories into operable enterprise models effectively and also provide the above methodologies and support tools. In addition, enterprise integrated modeling techniques have shorten the gap between CIPS research theories and CIPS engineering implementation. Based on the description of the application characters and system makeup of CIPS, this paper describes the trends of enterprise integrated modeling techniques in CIPS and their key technologies. This paper also presents the enterprise integrated modeling architecture in CIPS and the process framework of enterprise integrated modeling. Undoubtedly, this research on the enterprise integrated modeling techniques in CIPS will promote the theory research and system application levels of CIPS.

Keywords: CIPS (Computer Integrated Process System), enterprise integrated modeling, architecture, process framework

作者简介

沈具东(1973-), 讲师, 硕士. 研究领域为集成化企业建模、 workflow 管理及企业集成.

熊 刚(1969-), 芬兰 Tampere University of Technology 访问学者, 副教授.

刘铁铭(1973-), 硕士研究生.