

文章编号: 1006- 5911(2005) 07- 0927- 05

# 基于 J2EE 的成套电器企业集成平台 框架与应用系统的研究

郭晓军<sup>1</sup>, 王太勇<sup>1</sup>, 秦旭达<sup>1</sup>, 王成恩<sup>2</sup>, 李海越<sup>2</sup>

(1. 天津大学 机械工程学院, 天津 300072; 2. 中国科学院 沈阳自动化研究所, 辽宁 沈阳 110016)

**摘要:** 将成套电器企业模型与 J2EE 构架相结合, 提出了基于 J2EE 的成套电器企业集成平台的体系结构和层次模型。平台提供统一的全局共享主题数据模型和以项目管理为中心的企业运营工作流程, 实现了营销、生产计划、设计、工艺、物流采购、质量检验、仓库、制造和财务等企业职能部门信息和过程的有效集成。在集成平台的基础上, 构建了基于 Web 和组件技术的成套电器企业产品数据管理和企业资源计划业务系统域, 并着重研究了这两个业务系统域的应用组件实现的关键技术。作为应用示范, 完成了一家成套电器工厂企业信息化系统的实施, 使企业的设计能力、交货期、质量、成本和服务水平等综合指标大为提高。

**关键词:** 成套电器; 集成平台; 工作流; 产品数据管理; 企业资源管理

**中图分类号:** TP391 **文献标识码:** A

## Research on J2EE- based enterprise integrated platform & application system for electric equipment enterprise

GUO Xiao- jun<sup>1</sup>, WANG Tai- yong<sup>1</sup>, QIN Xu- da<sup>1</sup>, WANG Cheng- en<sup>2</sup>, LI Hai- yue<sup>2</sup>

(1. Coll. of Mechanical Eng. Tianjin Univ., Tianjin 300072, China;

2. Shenyang Inst. of Automation, Shenyang 110016, China)

**Abstract:** After combining electric equipment enterprise model with J2EE platform, the structure module & functionality framework of J2EE- based enterprise integration platform and its application system for electric equipment enterprise were presented. With the supports of unified global subject database model and project- management- centered enterprise operational workflow from the platform, enterprise functionality departments, such as market, production planning, design, process, material- buying, quality- examining, warehouse, production and finance, were fully integrated together in information and process. Based on the integration platform, web & component- based Product Data Management (PDM) & Enterprise Resource Planning(ERP) Business System Domain (BSD) for electric enterprise were developed, and key technologies of implementation of application component module for BSD were studied. At last, the integrated system was implemented in an electric equipment enterprise and a distinct achievement was realized with improved design ability, shortened product development time, enhanced product quality and service level, and reduced production cost.

**Key words:** electric equipment; integrated platform; workflow; product data management; enterprise resource planning

## 0 引言

成套电器是指将具有不同功能的各种电器元器

件按照一定的电气原理和工艺要求, 组合并安装在金属柜体内和控制台上, 以实现输配电、继电保护和控制功能的组合电器。成套电器企业是典型的以订

收稿日期: 2004- 07- 13; 修订日期: 2004- 12- 27。Received 13 Jul. 2004; accepted 27 Dec. 2004.

基金项目: 国家 863/CIMS 主题资助项目(2002AA414420)。**Foundation item:** Project supported by the National High- Tech. R & D Program for CIMS, China(No. 2002AA414420).

作者简介: 郭晓军(1969- ), 男, 山西长治人, 天津大学机械工程学院机械制造及自动化专业博士研究生, 主要从事网络化制造、CAD/CAM/CAE/PDM/ERP 等研究。E- mail: guoxiaoj@eyou.com.

单驱动的多品种、小批量甚至单件生产的企业。订单的随机性和交货的紧迫性使企业在设计、生产和管理上面临巨大的市场压力。该类企业迫切需要建立满足企业设计、生产和管理的集成信息管理系统。

本文通过对成套电器企业生产运作方式的分析,建立了成套电器企业模型,确定了成套电器企业的业务工作流程和业务系统域,提出了基于 J2EE 平台的成套电器企业集成系统的体系构架和平台框架,并研究如何采用 J2EE 技术实现企业业务系统域的组件设计。

### 1 成套电器企业模型

企业模型是对企业的抽象描述,通常由一组视图模型组成,包括产品模型、过程模型、功能模型、信息模型和组织模型等。企业模型是认识企业、构建企业集成系统的基础,为企业集成系统的各个应用系统之间进行信息交换提供公共的语法和语义模

型<sup>[1]</sup>。针对成套电器企业,将企业的过程模型、功能模型、信息模型和组织模型组合在一起,构建企业工作流模型。成套电器企业模型主要有企业工作流模型和产品模型。

#### 1.1 成套电器企业工作流模型

工作流模型描述企业的运营过程,以过程视图为核心,包括过程视图、组织视图、资源视图和信息视图<sup>[2]</sup>。采用统一建模语言( Unified Modeling Language, UML) 建立成套电器企业工作流模型,如图 1 所示。

在图 1 中,过程视图用 UML 的活动图表示,表达企业的生产运营过程。成套电器企业运营过程从接受订单开始,到关闭订单结束,包括制定生产计划、产品原理设计、产品工艺设计、壳体生产、物流采购、元件检验、库存管理、电器装配、成品检验、接受付款和财务结算等业务过程。这些业务过程分属于相应的业务部门,它们是企业的营销、生产计划、设计、工艺、物流采购、质量检验、仓库、制造和财务等职能部门,由此可以确定企业集成系统的业务系统域。业务系统域包括若干业务过程,每一个业务过

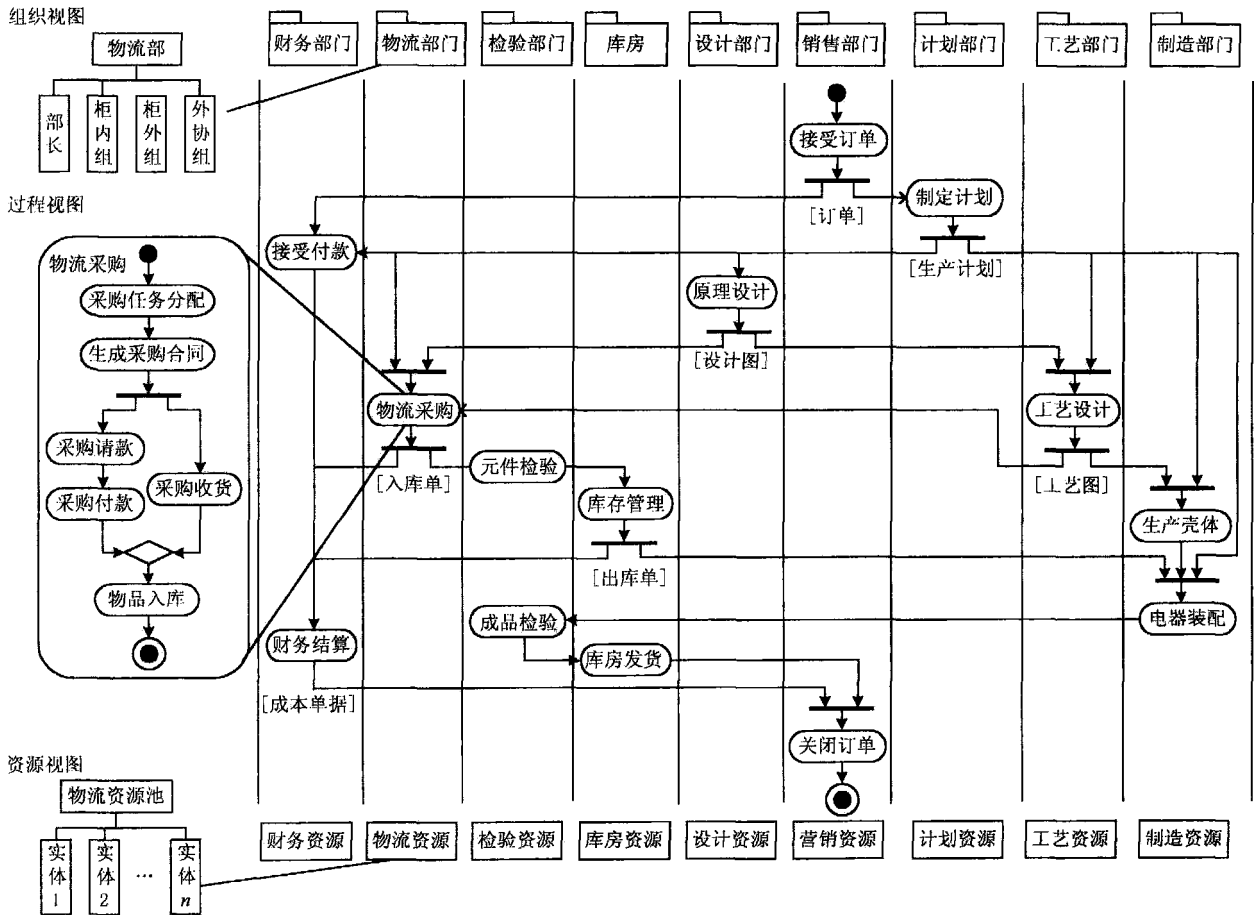


图1 成套电器企业生产经营工作流模型

程又可以分为若干个子过程,子过程由若干个逻辑相关的活动组成。例如,对物流采购业务过程,可以分为采购任务分配、生成采购合同、采购请款、采购付款、采购收货和物品入库等子过程,子过程进一步细分可得到更细的活动图。

将过程视图中活动的负责者和执行者,采用 UML 包图(它们是一些基本类的集合)表示在活动图泳道的上方,并进行组织形式、权限和职责的描述,就可以得到企业的组织视图。组织视图表示成套电器企业职能部门的组织结构,是对业务系统域组织结构的描述。

资源视图表示成套电器企业完成经营活动所需的资源,定义资源类型、资源实体和资源池的属性。资源是活动执行的必要条件,活动执行过程中调用资源视图中定义的资源。将过程视图中活动所需要的资源池表示在泳道的下方,下面包含各资源实体。

信息视图表示成套电器企业经营活动中的数据结构和数据关系,包括组织视图、资源视图和过程视图中定义的相关数据、文档和属性等。建立信息视图就是建立成套电器企业的数据库模型,按照业务域确定系统的主题数据库模型,在此基础上进行数据库的逻辑设计和物理设计,图 1 中省略了信息视图。

由信息视图确定业务系统域的主题数据库,由过程视图确定以项目管理为中心的企业运营主体工作流程,从而实现企业职能部门信息和过程的有效集成。

## 1.2 成套电器企业的产品模型

产品模型是成套电器企业各个部门共享的数据模型,不同职能部门对产品要求的信息各不相同,建立统一的企业产品结构定义模型,包含产品生命周期各阶段的所有信息,是成套电器企业集成系统的基础和关键<sup>[3]</sup>。

产品模型用产品结构定义模型表示,在结构上包括产品层、部件层和零件层。其中上层由下层构成,每层都具有相应的特征属性。特征属性包括设计属性、计划属性、库存属性、检验属性和成本属性等。成套电器企业产品的零件层由壳体和电器元器件组成,电器元器件全部为采购件,定义零件层的特征属性尤为重要。零件层位于产品结构模型的底层,只具有特征属性,其中,设计属性为零件编码 ID、所属部件、所属产品、零件名称、型号、规格、数量、配置信息、版本信息和材料信息;库存属性、检验属性和成本属性等合起来称为生产属性,主要有生

产厂家、供货商、单价、采购计划员、到货日期、入库信息、检验信息、出库信息和库存信息等。产品结构定义模型及其属性如图 2 所示。

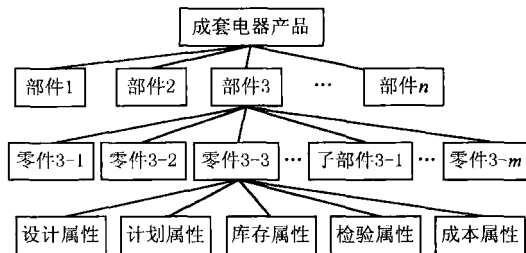


图2 成套电器企业产品结构定义模型及其属性

产品结构定义模型由设计部门创建。模型中的设计属性信息由设计部门维护,生产属性信息由生产部门补充和维护。在产品生命周期的不同阶段,产品结构定义模型提供产品的多视图表示,包括设计视图、计划视图、采购视图和库存视图等。从任何一个视图都能访问到产品的全部数据,从而保证在产品生命周期中不同阶段的产品结构的一致性。

## 2 成套电器企业集成系统

### 2.1 成套电器企业集成系统的层次结构

成套电器企业集成系统是成套电器企业业务系统域的集成,成套电器企业业务系统域由企业资源计划(Enterprise Resource Planning, ERP)业务系统域和产品数据管理(Product Data Management, PDM)业务系统域组成。ERP 业务系统域包括营销、生产计划、车间作业、物料采购、质量检验、仓库和财务等业务领域,PDM 业务系统域包括文档管理、产品结构配置管理、设计管理和工艺管理等业务领域。

定义成套电器企业 workflow 系统,实现对业务系统域的集成。workflow 系统包括主 workflow 系统和分 workflow 系统。以项目管理作为企业的主 workflow,流程从接受订单和立项开始,到订单完成项目终结为止,实现对业务系统域的过程集成。同时,在各个业务系统域定义各自的业务流程作为分 workflow 系统,实现业务系统域内的工作流管理系统,使业务进程自动化。

成套电器企业集成系统的层次结构如图 3 所示,由企业域、业务系统域、业务进程(业务系统域内的工作流)、业务应用和应用组件层组成。企业域中包括业务系统域,业务系统域由一套业务进程和业务应用组成,业务进程和业务应用由应用组件组成,

组件采用 Java EJB(enterprise Java beans) 组件进行设计。业务系统域共享应用组件,并维护组件状态的一致性。通过应用 workflow 技术使业务进程自动化,按照事件驱动进程实现业务系统域,完成 PDM 与 ERP 的业务功能。

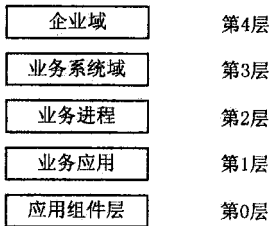


图3 成套电器企业应用集成的层次结构

## 2.2 成套电器企业集成系统的体系结构

J2EE 是目前市场上主流的企业级分布式应用程序开发平台,它定义了企业级应用开发和部署的体系结构,并提供了强大的技术支持。成套电器企业应用集成系统采用 J2EE 技术开发,利用 J2EE 技术构建成套电器企业集成平台框架,实现对 PDM 与 ERP 业务系统域的集成。基于 J2EE 的成套电器企业平台框架采用 3 层结构,包括业务应用系统域层、应用平台层和网络数据库层(如图 4)。

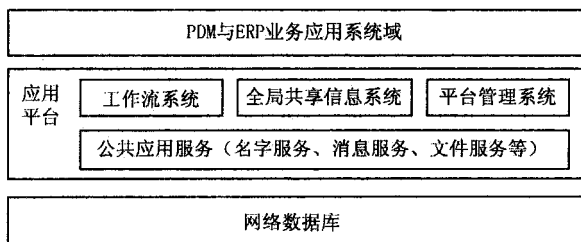


图4 成套电器企业集成平台的体系结构

业务应用系统域层包括 PDM 与 ERP 的业务应用,它们调用应用平台提供的基础服务,并完成一定的业务应用功能。业务系统域由 J2EE 标准 EJB 组件构成。

应用平台层是集成平台框架的核心,为各种业务系统域提供工作流系统、全局共享信息系统、公共应用服务和平台管理系统。工作流系统在企业模型基础上,统一规划企业集成系统的业务流程,按照企业业务流程将各个业务系统域集成起来,全局共享信息系统在企业模型基础上,按照企业业务主题的划分,提供对企业基础数据和业务数据的一致访问。公共应用服务包括名字服务、消息服务、文件服务和邮件管理服务等,利用 J2EE 应用容器提供的各种公共应用服务,如 Java 数据库连接(Java Database Connectivity, JDBC),Java 消息服务(Java Message

Service, JMS), Java 邮件(Java mail), Java 事务服务(Java Transaction Service, JTS)及 Java 认证授权服务(Java Authentication Authorization Service, JAAS)等来实现;平台管理系统完成集成平台环境下的用户管理、系统资源管理、消息服务以及 workflow 建模与管理功能。

网络数据库层包含企业的内部网络、各分布式数据库和企业全局信息数据库。企业全局信息数据库将数据组织成一个完备的分析领域,包含各类业务系统所用的主题数据。因为企业级应用系统数据量大,性能要求高,所以采用 Oracle 数据库(Oracle 9.0.1)。

## 3 基于 J2EE 的企业业务系统域的应用组件设计

### 3.1 业务应用系统域组件程序构架

成套电器企业信息系统的核心是各种业务系统域,业务系统域由业务进程和业务程序组成,采用 J2EE 组件进行设计。J2EE 构架为多层结构,分为用户层、Web 层、业务层和企业信息系统(Enterprise Information Systems, EIS)层。图 5 为企业信息系统业务应用系统域组件程序构架。

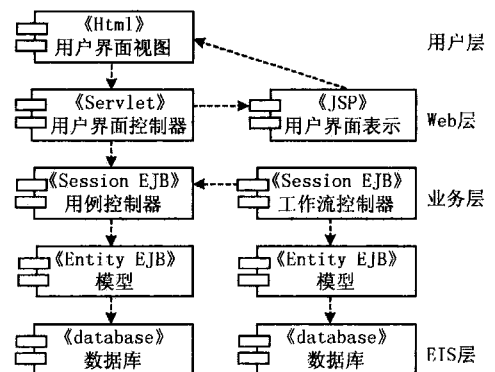


图5 业务应用系统域组件程序构架

(1) 用户层 该层是与用户的接口,主要用于信息表示和输入接收。用户层内容由 HTML, JavaScript 和 Java Applet 构成,在服务器端由 Java 服务器网页(Java Server Page, JSP) 动态生成,在用户端的标准网络浏览器上显示。

(2) Web 层 该层产生表示逻辑,接收来自用户层的用户请求和反馈,并对用户请求产生相应的回应。Web 层由 Servlet 和 JSP 构成。Servlet 作用用户界面控制器,负责处理特定的界面体系结构,响应操作请求,将事件处理交给用例控制器(用例控制

器调用实体模型进行数据处理,然后将结果返回),并负责将处理结果传递到 JSP,由 JSP 负责对处理结构进行动态表示。

(3) 业务层 该层处理应用的核心业务逻辑,由业务组件构成。业务组件作为 EJB 容器内的 EJB 组件,由 EJB 会话(session)组件和实体(entity)组件组成。会话组件作为用例控制器,控制用例或者相应行为模型中定义的过程,接受来自用户界面控制器和工作流控制器的事件,根据用例中定义的可能性对组件之间的交互进行控制。用例控制器(会话组件)可以实现为实体组件的外观,并且封装与实体组件之间关系有关的工作流。每个会话组件向用户界面控制器提供粗粒度业务服务接口。实体组件表示系统模型,直接处理对数据的创建、删除、检索与更新等操作。

(4) EIS 层 该层是企业的信息系统服务,包括数据库系统。

### 3.2 业务应用系统域组件部署

在服务器中安装组件的过程称为组件部署。服务器中的组件有 Web 组件(由 JSP 和 Servlet 构成)和 EJB 组件。通常,Web 服务器不支持 JSP 和 Servlet,采用应用服务器进行组件的部署。Web 组件部署在应用服务器的 Web 端,EJB 组件部署在应用服务器的 EJB 端。系统运行时,应用组件驻留在应用服务器(EJB 容器)中,EJB 容器为应用组件提供运行环境,包括安全、事物处理以及实例生命周期管理等服务,本例中使用的是 BEA 公司的 BEA Weblogic Server,它是一个将 EJB 服务器、Web 服务器集成在一起的综合应用服务器。部署 Web 组件和 EJB 组件时,需要编辑 Web 服务器及 EJB 服务器分别提供的组件部署描述符,它们是基于可扩展标记语言(eXtensible Markup Language, XML)格式的文本文件。图 6 使用 UML 和部署视图描述了企业信息集成系统的组件部署策略。

## 4 应用实施与效果

成套电器企业集成平台与应用系统,是根据一家典型成套电器企业为应用和实施对象开发的。按照国家高科技发展计划(863 计划)CIMS 专家组总结的十六字实施方针——“总体规划、效益驱动、重点突破、分步实施”,通过对企业的组织结构与设计生产业务流程进行系统地调查分析,针对企业所面临的实际问题的缓急程度以及系统实施的逻辑关系

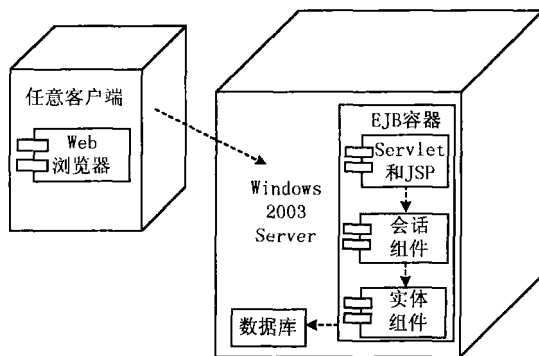


图6 企业集成系统的组件部署视图

顺序,进行企业信息化系统的实施<sup>[4]</sup>。成套电器企业集成系统综合了 PDM 和 ERP 系统,既要解决 PDM 与 ERP 内部的信息集成,又要解决 PDM 与 ERP 之间的信息集成,同步规划 PDM 与 ERP 系统,分阶段进行实施<sup>[5]</sup>。

在企业模型的基础上,确定系统的业务系统域、 workflow 系统和主题数据库,完成系统的平台框架总体设计,按照先 PDM 后 ERP 的顺序分阶段实施。首先,实施 PDM 业务系统域,解决 ERP 系统的基础数据,实现设计文档管理、设计变更管理、产品结构配置管理、设计管理、工艺管理和流程管理;然后,实施 ERP 业务系统域,实现物料采购管理、库存管理、投标报价管理、质量管理、财务管理和营销管理,以项目管理为主 workflow,完成 ERP 系统域的过程集成。

通过实施成套电器企业集成系统,综合 PDM 与 ERP 业务系统域,实现了企业内部的信息集成和过程集成,全面改善了企业的交货期(T)、质量(Q)、成本(C)和服务水平(S),提高了企业的经济效益。具体表现在以下几个方面:

(1) 改进了产品开发过程,降低了成套电器产品设计和工艺方案的返工次数,提高了产品质量,设计中可进行产品的快速报价,产品开发周期比实施前缩短 30% ~ 40%。

(2) 加强了设计和生产管理的联系,设计和工艺部门产生的明细表、产品结构和工艺信息直接成为生产管理的输入数据,设计和生产管理的各种信息能够有效地被共享和使用。

(3) 采用项目 workflow 管理,实现了项目进度、资源负荷的可视化,通过项目管理多视图表达,可进行项目的成本、人员、进度和资源内容等多方面的管理。

(下转第 995 页)

```

<element name="Subbfc"><complexType><attribute name="
name" type="QName" use="required"/>
<attribute name="requestMessage" type="QName" use="
required"/><attribute name="responseMessage" type="QName"
use="required"/><attribute name="exceptionMessage" type="
QName" use="optional"/>
<attribute name="requestDestination" type="QName" use="
required"/><attribute name="responseDestination" type="QName"
use="required"/><attribute name="
exceptionDestination" type="QName" use="optional"/>
<attribute name="execution" use="
required"/><simpleType><restriction base="QName">
<enumeration value="ASYNCHR"/><enumeration value="
SYNCHR"/></restriction>
</simpleType></attribute></complexType>
</element><element name="bfcProxy"><complexType><sequence>
<element ref="bfc:Subbfc" minOccurs="0" maxOccurs="
unbounded"/></sequence></complexType></element>

```

图21 元素Subbfc和bfcProxy

件模型的模型转换和映射规则, 从而实现模型驱动和流程配置的 ERP 系统架构(如图 2)。

## 4 结束语

针对传统 ERP 的设计思想和技术上的不足, 本文提出了基于 XML 的模型驱动和流程配置的 ERP 架构思想。建立 ERP 领域元模型和业务流程组件是实现该架构中最为重要的两个环节。为此, 本文首先建立了基于 XML 的 ERP 领域元模型, 包括组织模型、资源模型、信息模型和过程模型, 并建立了

模型之间的关联; 然后, 建立了基于 XML 的业务流程组件元模型, 并从入口协议、调用规范和流程代理 3 个方面, 深入地分析了业务流程组件元模型, 规范了 ERP 流程组件模型。元模型的建立, 是建立 ERP 领域模型向业务流程组件模型转换和映射规则的基础, 是最终实现模型驱动和流程配置的 ERP 系统中最为重要的一步。

## 参考文献:

- [1] GUIA J A, BRASETHVIK T. A model-driven ERP environment with search facilities [J]. Data & Knowledge Engineering, 2002, 42(3): 327- 341.
- [2] FRANKEL D. Model driven architecture: applying MDA to enterprise computing [M]. New York, NY, USA: John Wiley & Sons, 2003 31- 64
- [3] KLEPPE A, WARMER J, BAST W. MDA explained: the practice and promise of model driven architecture [M]. Boston, MA, USA: Addison Wesley, 2003 14- 30.
- [4] WARMER J, KLEPPE A. The object constraint language: getting your models ready for MDA (Second Edition) [M]. Boston, MA, USA: Addison Wesley, 2003 10- 30.
- [5] SIEGEL J, the OMG Staff Strategy Group. Developing in OMG's Model- Driven Architecture [EB/OL]. <http://ftp.omg.org/pub/docs/omg/01-12-01.pdf>, 2001- 11.
- [6] Workflow Management Coalition. XML process definition language [R]. WFM C- TC- 1025 2002- 07.

(上接第 931 页)

## 5 结束语

本文结合笔者从事企业信息化系统及其应用工程项目的一些经验, 对成套电器企业建模、系统平台框架、应用系统体系结构、应用系统实现的关键技术和系统应用实施等方面进行了探讨; 分析并建立了成套电器企业模型, 包括企业工作流模型与产品模型; 提出了基于 J2EE 的成套电器企业集成平台框架和体系结构, 实现了基于 J2EE 的企业集成系统(包括 PDM 业务系统域和 ERP 业务系统域); 研究了成套电器集成系统业务系统域的应用组件实现的关键技术; 给出了典型成套电器企业集成系统应用开发策略和实施过程。

项目的成功实施及其运行效果表明, 本文所提出的成套电器的企业集成平台及应用系统体系结构, 具有简单、实用、成本低、实施周期短和易推广等特点。

## 参考文献:

- [1] FAN Yushun, WANG Gang, GAO Zhan. Introduction to enterprise modeling theory and methodology [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2001 (in Chinese). [范玉顺, 王刚, 高展. 企业建模理论与方法学导论 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.]
- [2] FAN Yushun. Fundamentals of workflow management technology [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2001 (in Chinese). [范玉顺. 工作流管理技术基础 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.]
- [3] TONG Bingshu, LI Jianming. Production data management technology [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2000 (in Chinese). [童秉枢, 李建明. 产品数据管理(PDM)技术 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.]
- [4] WU Cheng. IT and enterprise modernization management [M]. Beijing: China Economy Press, 1999 (in Chinese). [吴澄. 信息技术与企业现代化管理 [M]. 北京: 中国经济出版社, 1999.]
- [5] DAI Yuehong, LUO Zhongxian, LIU Fei. Architecture and implementation of medium and small product-type enterprises-oriented CIMS [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2002, 8(9): 704- 709 (in Chinese). [戴跃洪, 罗中先, 刘飞. 面向产品型中小企业的 CIMS 体系结构与实施 [J]. 计算机集成制造系统, 2002, 8(9): 704- 709.]