

文章编号 :1006 - 5911(2004)01 - 0001 - 09

产品生命周期管理研究综述

黄双喜 范玉顺

(清华大学自动化系国家 CIMS 工程技术研究中心 北京 100084)

摘 要 作为企业一项重要的信息化战略 ,产品生命周期管理在近几年有了迅速的发展。然而 ,对产品全生命周期管理的概念、作用和内容等方面仍存在一些混淆。本文对国内外主要的产品生命周期管理进行了调研和分析 ,介绍了它的发展和研究状况。对于什么是产品全生命周期管理 ,其发展和产生背景如何 ,它在企业信息环境中处于什么样的角色和地位 ,包括哪些功能和关键技术 ,以及今后的发展趋势等进行了分析。

关键词 产品生命周期 ;产品生命周期管理 ;产品定义 ;企业信息化战略

中图分类号 :TH166 **文献标识码** :A

1 产品生命周期的产生与演化

产品生命周期的概念最早出现在经济管理领域 ,是由 Dean^[1]和 Levitt^[2]提出的 ,提出的目的是研究产品的市场战略。当时 ,对产品生命周期的划分也是按照产品在市场中的演化过程 ,分为推广、成长、成熟和衰亡阶段^[3]。经过 50 多年的发展 ,产品生命周期的概念和内涵也在不断发展变化。其中 ,最大一次变化发生在 20 世纪 80 年代。并行工程的提出 ,首次将产品生命周期的概念从经济管理领域扩展到了工程领域 ,将产品生命周期的范围从市场阶段扩展到了研制阶段 ,真正提出了覆盖从产品需求分析、概念设计、详细设计、制造、销售、售后服务 ,直到产品报废回收全过程的产品生命周期的概念^[4]。

尽管产品生命周期的概念已经存在几十年 ,但产品全生命周期管理(Product Lifecycle Management ,PLM)则是近 20 年市场竞争和技术演化的结果。20 世纪 80 年代以前 ,产品生命周期概念主要作为一种策略和经验模型来指导产品的市场分析和计划 ,不涉及对产品资源和信息的实际管理。而在

80 年代后 ,随着自动化、信息、计算机和网络技术的广泛应用 ,企业制造能力和水平都有了飞速的发展 ,企业在追求产量的同时 ,也越来越重视新产品开发的上市时间(T)、质量(Q)、成本(C)、服务(S)、产品创新(K)和环境(E)等指标。企业迫切需要将信息技术、现代管理技术和制造技术相结合 ,并应用于企业产品全生命周期(从市场需求分析到最终报废处理)的各个阶段 ,对产品全生命周期信息、过程和资源进行管理 ,实现物流、信息流、价值流的集成和优化运行 ,以提高企业的市场应变能力和竞争能力。

PLM 正是基于企业的这种需求而产生并发展起来的。在 PLM 出现初期 ,它是作为一个术语用来描述创建、管理和使用产品全生命周期相关信息和智力资本的一套业务方法。随着企业信息化进程、先进信息和管理技术的迅猛发展 ,PLM 的定义、内涵也在不断地演化和成熟。

80 年代 ,企业对产品生命周期的管理集中在设计工程活动 ,支撑工具主要是围绕着以工程设计活动为对象的专用应用。在该阶段 ,产生了大量的面向专用需求的应用工具 ,如 CAD、CAE、CAM、虚拟制造、产品数据管理、可视化、业务流程管理和供应管理等。它们为 PLM 的进一步发展积累了大量的

收稿日期 2003 - 01 - 02 修订日期 2003 - 05 - 29。

基金项目 :国家 863/CIMS 主题资助项目(2001AA411010)。

作者简介 :黄双喜(1972 -) ,男 ,四川人 ,清华大学自动化系讲师 ,博士后 ,主要从事企业集成平台、企业建模、 workflow 管理、分布式产品设计等研究。E - mail huangsx@cims. tsinghua. edu. cn。

宝贵经验。

90 年代,由于并行工程、计算机集成制造系统、敏捷制造等制造模式的发展和成熟,企业 PLM 的重点逐渐转向支持生命周期中不同应用领域和生命周期阶段的集成和协作。因此,出现了一些综合业务系统,如支持设计、分析和制造的 CAD/CAM 系统、支持企业知识管理的知识工程系统、支持虚拟产品开发的 PDM II 系统、面向扩展企业的供应链管理系统、支持企业应用集成的 EAI 系统,以及支持虚拟企业协作的 B2B 系统。90 年代后期,随着 Internet 技术的迅猛发展,各种新名词、新理念层出不穷,从供应链管理到客户关系管理、大规模制造到大规模定制、电子商务到协同商务,Internet 以它前所未有的速度在冲击着我们的生活。综观该阶段 PLM 的发展特点,可以将其归纳为以 Internet 为基础的协作。其中,典型的应用包括面向产品商务协同的 CPC(Collaborative Product Commerce)平台、面向产品协同模型定义的 cPDM(collaborative Product Definition Management)平台和面向产品协同设计制造的 CPD(Collaborative Product Development)平台等。以上这些工具、系统和平台,虽然在一定程度上解决了 PLM 中的一些问题,但它们的应用范围和提供的功能只覆盖了 PLM 中的一部分内容,因此,它们只能算是一种局部的 PLM 解决方案。

进入 21 世纪,人们开始考虑建立一个能够满足产品生命周期过程中不同领域和开发阶段信息管理与协调的整体解决方案,使产品设计、开发、制造、销售及售后服务等信息能快速流动,并能有效地协同和管理,实现真正意义上的产品生命周期管理。

图 1 从工具和技术方面概括了 PLM 的发展和演化过程^[5]。从图 1 可以看到,PLM 经历了从工具时代、综合应用时代、协同平台时代和 PLM 时代的演化过程。在此过程中,组成 PLM 的各项技术和工具也随着企业业务模式和管理模式的变迁而不断发展和整合,最终形成了面向整体解决方案的 PLM 的概念。

近两年,PLM 发展十分迅速,已成为全球制造业关注的焦点。许多国际知名的企业、软件供应商和研究机构为此纷纷采取行动。其中,许多研究和应用项目都取得了很大的成功。他们的经验与成果,对于我们如何理解 PLM 技术定位、体系结构、关键技术及其发展方向都是很有意义的。

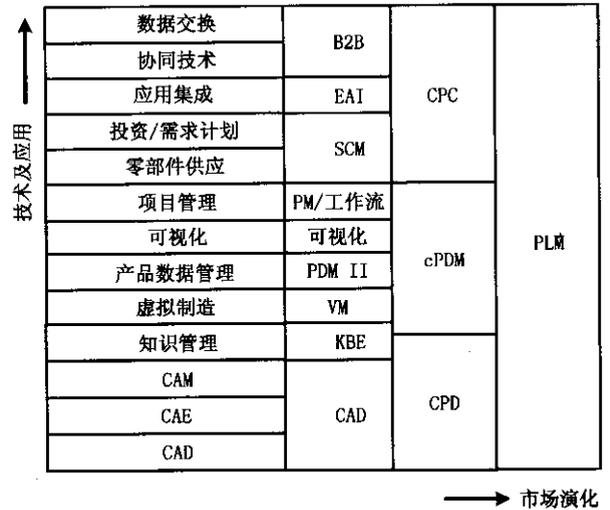


图 1 PLM 的发展与演变

2 PLM 的定义、内涵及其在企业信息化中的地位和作用

2.1 PLM 的定义

到目前为止,PLM 仍没有完全统一的定义。近年来,伴随着 PLM 概念的产生,还出现了许多其他术语,如 CPC 概念、cPDM 概念^[7]以及 PDC(Product Definition and Commercialisation)、PIM(Product Information Management)等^[8]。这些概念在许多方面和 PLM 非常相似。因此,给人们在理解和应用上造成了一定的迷惑和混淆。这里,我们列举了一些有代表性的 PLM 定义,它们分别从不同的角度对 PLM 概念进行了描述,可以帮助我们理解 PLM 的一些基本特征及其功能和作用。

(1) PLM 是一种战略性的商业方法 CIMData 给 PLM 下了一个比较完整的定义:PLM 是一种战略性的商业方法,它应用一组一致的业务解决方案,来支持企业创建、管理、分发和使用可覆盖产品从概念到消亡整个生命周期的定义信息。它集成了人、过程和信息,形成了企业的产品信息管理的主干^[9]。

(2) 企业级的信息基础框架 Portella 认为,PLM 是一个企业级的信息基础框架,它提供了一个单一的产品信息源和一致的产品信息管理机制,保证正确的人、在正确的时间,以正确的格式访问到正确的信息^[10]。

(3) 建立和管理产品定义供应链的有效工具 PLM 作为一个信息桥梁,将 OEM(Original Equipment Manufacturer)、伙伴、子承包商、供应商和用户连接起来,为扩展企业提供一个一致的产品相关信

息视图,实现了产品数据的共享,使扩展企业中不同部门、不同地域的人和组织可以方便地进行协同^[11]。

(4)软件和服务的集合 它使用 Internet 技术,使用户可以在产品生命周期过程中协同地开发、建造和管理产品^[12],而不用考虑他在产品生命周期中的角色、所使用的计算机工具、地理位置、供应链中的地位等等。

(5)PLM 是提高产品开发效率的必要的企业基础结构 四家资深的工业分析公司(AMR Research, Gartner, Giga 和 Yankee Group)给 PLM 下的定义是:PLM 是提高产品开发效率的必要的企业基础结构,它描述了一个复杂的技术和服务框架,允许制造公司及其合作伙伴和客户,可以贯穿整个生命周期对产品进行分析、设计、制造和管理^[13]。

(6)一种商业哲理 该哲理认为,产品数据应该可以被管理、销售、市场、维护、装配和购买等不同领域的人员共同使用。而 PLM 系统是 workflow 和相关支撑软件的集合,允许对产品生命周期进行管理,包括协调产品的计划、制造和发布过程^[14]。

(7)一组已有技术的集合 MSC Software^[15]的定义是:PLM 是采用一种全新的方法和视角连接起来的一组已有技术的集合,使产品信息可以被组织中任何需要的人员获取和使用。

(8)产品信息行为模型 Collier, Wayne 给 PLM 下的定义是:PLM 是一个跨越产品开发全阶段的产品信息行为模型,用来定义和管理用户对这些信息进行什么操作、如何操作,以及这些信息如何演化为最终的产品定义^[16]。

(9)所有产品相关数据的协同环境 产品生命周期管理联盟(PLCS)给 PLM 下的定义是:PLM 是一个概念,用来描述一个支持用户管理、跟踪和控制产品全生命周期中所有的产品相关数据的协同环境^[17]。

以上这些定义分别反映了 PLM 在定位、内容、功能和实施等方面的一些看法和认识。虽然其侧重点各有不同,但从这些定义中,我们可以抽取出 PLM 所具备的以下关键特性:

(1)一项企业信息化战略 它需要从企业战略层角度来规划 PLM 系统,包括其体系、工具和实施方法等。

(2)PLM 的范围 其范围跨越企业或扩展企业,从产品概念产生到产品消亡和回收的所有产品阶段。

(3)PLM 的管理对象是产品信息 这些信息不但包括产品生命周期的定义数据,同时,也描述了产品是如何被设计、制造和服务的。

(4)PLM 的目的 都是通过信息技术来实现产品生命周期过程中协同的产品定义、制造和管理。

(5)PLM 的实现途径 都需要一批工具和技术支持,并需要企业建立起一个信息基础框架来支持其实施和运行。

(6)PLM 的功能是对产品信息的管理 负责由 CAD、CAM、CRM 等应用工具所产生的产品信息进行获取、处理、传递和存储。

综上所述,我们可以给出如下定义:PLM 是一项企业信息化战略,它描述和规定了产品生命周期过程中产品信息的创建、管理、分发和使用的过程与方法,给出了一个信息基础框架,来集成和管理相关的技术与应用系统,使用户可以在产品生命周期过程中协同地开发、制造和管理产品。

2.2 PLM 的内涵

产品生命周期是 PLM 的主线。通过对产品生命周期的分析,可以了解到 PLM 都需要管理哪些阶段、哪些内容,以及需要提供哪些功能。

CIMData 认为,任何工业企业的产品生命周期都是由产品定义、产品生产和运作支持这三个基本的紧密交织在一起的生命周期组成。

(1)产品定义生命周期 该阶段开始于最初的客户需求和产品概念,结束于产品报废和现场服务支持,产品定义作为企业知识财富,定义产品是如何设计、制造、操作和服务等信息的。

(2)产品生产生命周期 该阶段主要是发布产品,包括与生产和销售产品相关的活动。ERP 系统是企业在该阶段的主要应用。该周期包括如何生产、制造、管理库存和运输,其管理对象是物理意义上的产品。

(3)运作支持生命周期 该阶段主要是对企业运作所需的基础设施、人力、财务和(制造)资源等进行统一监控和调配。

上述每一个生命周期都包括相关的过程、信息、业务系统和人来实现相关的商业功能。而 PLM 系统的目的就是对这些过程、信息、系统和人进行协调和管理,实现这三个阶段的紧密协作和通讯,将企业知识财富(产品定义)通过企业生产与运作支持转变为企业的物理资本(产品)。

PTC 公司从产品的演化过程来理解产品生命周

期^[18]。它将这一过程分为概念产生、设计、采购、生产、销售和服务等几个阶段。每个阶段都有其特定的活动、产生相应的信息、涉及到相关的人员和部门,而 PLM 在每个阶段也起着不同的作用。

(1)概念产生阶段 该阶段基于市场信息,获得新产品或产品设计改进的概念。PLM 系统在该阶段主要对产品的市场预测、产品创意、商业前景预测、客户需求和投资规划等活动提供支持。PLM 系统从所连接的其他系统中提取信息,增加市场需求分析和产品开发计划的准确度。

(2)设计阶段 在该阶段,产品开发团队将通过 PLM 系统交换和共享产品设计数据和思路,协同完成产品的设计工作等。该阶段主要活动包括产品的概念设计、详细设计、设计评估、工程分析、文档管理及 EBOM 管理等。

(3)采购阶段 该阶段对产品制造所需的器件、材料、部件和设备进行初步分析,确定外构件和自制件计划。PLM 系统从 ERP、PDM、SCM 等系统中抽取器件/材料的可获得性、报价、潜在供应商、替代器件等信息,提供给采购人员制定相应的计划。

(4)生产阶段 该阶段根据研发工程师建立的设计规格,利用所采购的器件和材料进行生产,通过质控/质检或其他过程控制方法,来检查生产是否与设计规格一致。PLM 在该阶段主要涉及 MBOM 的管理、工装计划、生产测试、自制件加工等活动。

(5)销售阶段 该阶段的主要活动包括市场推广、产品发布、销售战略制定、客户管理和订单管理等。PLM 系统负责企业与分销商、客户、供应商之间的信息协调和管理,保证订单、生产、库存和销售等环节的畅通和一致性。

(6)售后服务阶段 主要负责产品维护、服务和维修。PLM 系统将把客户服务信息传递给相关的设计、生产、制造部门,并将相应的处理和解决方案反馈给服务部门和客户,充分利用企业资源,提高服务质量和效率。

2.3 PLM 在企业信息化中的地位 and 作用

目前,一些企业在一定程度上实现了产品生命周期过程中某些方面的集成和管理,如 CAx、PDM、ERP 等的推广和应用,确实简化和改进了各种商业规则。但是,由于它们只是各自针对产品生命周期中的某些特定阶段,解决特定领域的问题,使得产品信息分散于企业内部不同应用之中。这些系统大多是相互独立开发或购买自不同的软件供应商,它们可能运行于不同的平台,使用不同的数据格式,从而

造成了这些系统之间信息交换和集成的困难,无法彼此互动。因此,企业需要将这些孤立的系统结合到一起的 PLM 系统,使产品信息可以在不同的应用和阶段间顺畅地流动,并能有效地加以管理。在此机制下,不但产品开发时间能大幅缩短,节省可观的资源,而且企业也能更紧密地结合上、中、下游各环节之产品开发体系,缩短反应时间,有效控管生产资源,进而强化市场竞争力(如图 2)^[19]。

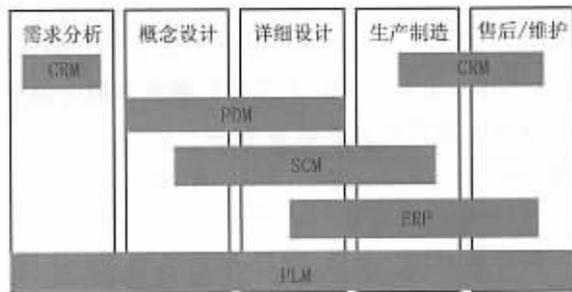


图2 产品生命周期解决方案

在 PLM 的支持下,企业不仅可以管理不同阶段内部的信息,还可以实现不同阶段之间的信息整合,打通设计、制造、生产、销售之间的关系,实现 CAD/CAPP/CAM/ERP/SCM/CRM 等系统的集成,使得产品生命周期的各种信息能完全共享和交互,并有效管理。

PLM 使整个产品价值链上的资源(包括企业内部和外部的)都可以为产品设计增加价值。它通过自上而下的、一体化的方式进行以产品为中心的协同产品开发。通过 PLM,所有相关人员都可参与产品设计、开发、制造和使用,突破地理、组织等限制进行协同。产品数据可通过各种形式进行共享和分析(如三维模型、示意图、BOM、进度计划和预测等),将用户、产品知识和业务过程都集中于产品创新上,使企业内外价值链的创新能力最大化。PLM 真正实现了以产品为核心的企业价值链协同,解开了企业价值链不同环节中由相互独立的应用系统产生的孤立信息,并将它们集成为统一的产品知识源。完整的价值链能无缝地、实时地进行产品及所有信息的协同管理,从而降低产品成本,缩短开发周期。

3 PLM 技术体系

大量的研究和应用表明,PLM 是一个企业级解决方案,不是一个单项技术或应用,而是一个技术和应用的复杂集合体。因此,PLM 系统必须具备一个完备的技术框架,来规范和描述 PLM 系统包含的组成元素,及如何组织这些组成元素,以使它们作为一

个整体运行,协同完成系统的各项功能。CIMData 在广泛调研用户、方案提供商和大量研究、评估商业化 PLM 解决方案的基础上,总结出一个多层的 PLM 技术体系(如图 3)^[20]。该体系描述了 PLM 解决方案中的基本组成元素及其关系,并根据不同的实现层次,将 PLM 组成元素分为关键技术、核心功能、特定应用和商业解决方案四个层次。

3.1 PLM 关键技术

PLM 关键技术直接与底层的操作系统和运行环境打交道,将用户从复杂的底层系统操作中解脱出来。用户可以针对需求和环境对关键技术进行裁减。PLM 主要关键技术包括:

(1)数据转换技术 实现数据格式的自动转换,使用户能够访问到正确的数据格式。

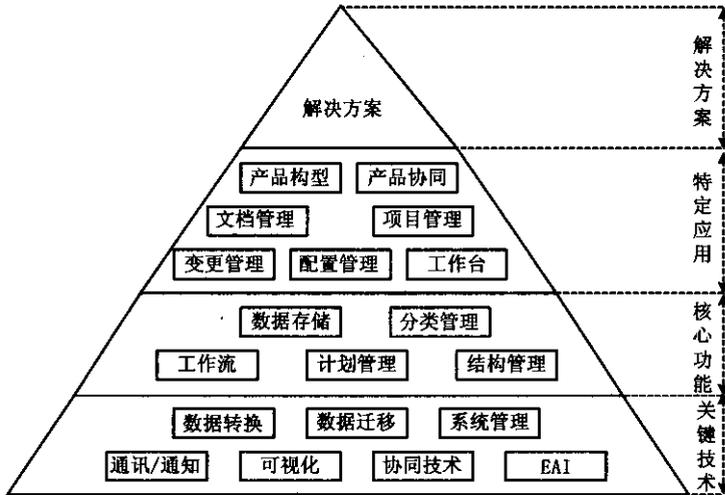


图3 PLM技术体系

(2)数据迁移技术 实现数据从一个地方转移到另一个地方,或从应用到应用的数据迁移。

(3)系统管理技术 负责系统运行参数的配置及运行状态的监控,具体功能包括数据库和网络设置、权限管理、用户授权、数据备份和安全以及数据存档等。

(4)通讯/通知技术 实现关键事件的在线和自动化通知,使相关人员可以得知项目和计划的当前状态,得知什么时候产品定义信息可以被处理和使用,以及哪些数据是最新的。

(5)可视化技术 提供对产品定义数据的浏览和处理,标准的可视化功能包括对文档、二维/三维模型的查看和标注,及产品模型的虚拟装配和拆卸。

(6)协同技术 协同技术允许团队共同进行实时和非实时的协作和交流,消除环境、地域和异构软件所带来的沟通障碍。

(7)企业应用集成 企业应用集成(EAI)将商

业活动所涉及的大量数据、应用和过程集成起来。综合利用应用服务器、中间件技术、远程进程调用和分布式对象等先进的计算机技术来实现。

3.2 PLM 核心功能

PLM 核心功能可为用户提供数据存储、获取和管理的功能。不同的用户使用不同的功能集合。这些功能包括:

(1)数据存储 PLM 将通过建立一个单一的数据逻辑视图,提供一种安全、透明、一致的数据存取机制,而不论数据在物理上分布在什么地方。数据存储与管理将具备基本的数据检入/检出、发布管理、元数据管理和一致性维护等功能。

(2) workflow 管理 它可以使设计人员跟踪整个产品的开发过程,包括设计活动、设计概念、设计思路和 design 变更等,将数据和信息发送给商业过程执行中相关的用户、组或角色,支持业务流程的自动化。

(3)结构管理 它支持产品配置和 BOM 表的创建与管理,并能跟踪产品配置的变化,跟踪其版本和设计变形。同时,产品配置管理也需要按照不同的领域需求生成专门的产品定义视图。

(4)分类管理 它允许相似的或标准的零件、过程及其他设计信息,按照公共的属性进行分组和检索,提高数据的标准化程度,支持设计的重用。

(5)计划管理 通过项目工作分解结构(WBS),定义项目所包含的活动和资源,进行规划、跟踪和管理。

3.3 PLM 应用

PLM 应用是一个或多个 PLM 核心功能的集合体,提供一套可满足产品生命周期具体需求的功能,它代表了 PLM 解决方案的某一视图。随着 PLM 在企业的推广应用,许多不同的 PLM 使能应用被开发出来,如配置管理、工程变更管理、文档管理等,现在都已成为 PLM 的标准功能。这些应用缩短了 PLM 的实施时间,并将许多成功的实施经验融合在这些应用中。典型的 PLM 应用有:

(1)变更管理 使数据的修订过程可以被跟踪和管理,它建立在 PLM 核心功能之上,提供一个打包的方案来管理变更请求、变更通知、变更策略,最后到变更的执行和跟踪等一整套方案。

(2)配置管理 建立在产品结构管理功能之

上,它使产品配置信息可以被创建、记录和修改,允许产品按照特殊要求被建造,记录某个变形被使用来形成产品的结构。同时,也为产品周期中不同领域提供不同的产品结构表示。

(3)工作台 将完成特定任务必须的所有功能和工具集成到一个界面下,使最终用户可以在一个统一的环境中完成诸如设计协同、数据样机、设计评审和仿真等工作。

(4)文档管理 提供图档、文档、实体模型安全存取、版本发布、自动迁移、归档、签审过程中的格式转换、浏览、圈阅和标注,以及全文检索、打印、邮戳管理、网络发布等一套完整的管理方案,并提供多语言和多媒体的支持。

(5)项目管理 管理项目的计划、执行和控制等活动,以及与这些活动相关的资源。并将它们与产品数据和流程关联在一起,最终达到项目的进度、成本和质量的管理。

(6)产品协同 提供一类基于 Internet 的软件和服务,能让产品价值链上每个环节的每个相关人员不论在任何时候、任何地点都能够协同地对产品进行开发、制造和管理。

(7)产品构型 产品构型管理是应对系列化产品设计和生产的有效方法。通过构型管理避免产品发生局部修改,或更换选件时重新构造 BOM 表和数据库准备等繁重任务。

3.4 解决方案

解决方案是在基础技术、核心功能和特定应用之上构筑的一个面向行业或职能领域的技术基础结构,它不仅包括一系列灵活、可配置的软件工具,而且包括以往相关实施的最佳实践经验、方法和资源,以及一些原则性的指导等。目前,在制造领域,比较优秀的 PLM 解决方案包括 PTC 的 Windchill,EDS 的 TeamCenter 和 IBM/达索公司的 ENOVIA。

PTC 公司的 Windchill 是 PTC 公司提供的产品生命周期管理解决方案,它为企业产品生命周期管理提供了一个单一公用的基础结构,保证快速、高效地部署产品生命周期应用软件。通过 Windchill 提供的强大的产品数据管理、 workflow 管理以及 EAI 工具和环境,企业能快速、简单地访问到庞大的产品资料库,并能把各种应用整合在一起。Windchill 同时也提供了基于 Web 的可视化功能,实现了产品和过程信息的共享和可视化,使产品生命周期的参与者可以使用 Web 浏览器来访问、查看和标记模型,向

工程师提供更准确和及时的咨询响应^[18]。

EDS 公司的 TeamCenter 是一个覆盖产品生命周期各种活动与数据的、基于 Web 协同的集成解决方案。它不同于 Windchill 的联邦式的体系结构,TeamCenter 采用从产品集成到企业集成的层次结构,包括工程协同、可视化工具、网上社区、协同平台和企业集成等组件。其中协同平台是 TeamCenter 的核心层,提供传统 PDM 的核心功能(包括 workflow 管理、人员与资源的配置、产品结构与配置管理、版本管理、更改管理、文档管理和签发放等)^[19]。

IBM/达索公司的 ENOVIA 是一个面向制造企业的 PLM 方案。它可以与 IBM 公司的其他产品,如 PM、VPM、CATIA 紧密集成,为企业提供一个支持产品生命周期开发活动的 IT 基础构架,支持 CATIA, DELMIA、ENOVIA 等不同应用间的集成。ENOVIA 解决方案共包括入口、生命周期应用、产品过程资源中继、企业基础架构和快速应用开发框架五个基本部分。其中入口是支持企业内外协作的主要场所;产品生命周期应用是用来实现企业业务活动的应用系统,覆盖产品开发的所有阶段,从产品的概念到实现;产品过程资源中继是一个电子仓库系统,为应用提供了通用的建模功能和数据模型,确保全生命周期产品定义、制造过程和生产资源的一致性,实现对产品、过程和资源(PPR)的统一管理,企业架构定义了企业共享、交换、通讯和集成的标准和框架,快速应用开发框架提供了与企业原有遗留系统,以及与 CRM、SCM 和 ERP 等系统的集成能力,同样,也提供与入口集成的能力^[14]。

4 国内外研究现状及发展趋势

4.1 PLM 研究现状

PLM 一经出现,便引起了各国政府、IT 厂商、工业企业、科研院所的注意,并将 PLM 视为提高企业核心竞争力的重要手段,纷纷制定各自的研究项目和发展计划。其中,具有代表性的有 ICP-35K 项目、JSF 项目、AdCoMS 项目、Enhance 项目和 PLCS 计划等。

(1) ICP-35K 项目^[21] ICP-35K(Implementing CPD and PLM Technologies for 35000 European Manufacturing Companies)是欧盟第六框架的一个申请项目,目标是为欧洲制造企业建立一个高效的 PLM 网络,使 35000 个公司可以快速实施协同产品开发和 PLM 技术来应对激烈的市场竞争。项目将

研究和开发 PLM 知识库;开发 PLM 环境下的组织模型和改进的知识管理方式;开发通用的可实施的 PLM 模型;开发全生命周期的信息管理战略,并将其转化成为价值链中的知识;定义 PLM 的标准;建立基于知识的 PLM 仿真环境和 Web 入口,为中小企业建立专用框架,使他们可以更好地共享资源,保证它们的需求可以被 PLM 中的其他伙伴了解,并为中小企业提供简单的工具,来支持项目管理、知识获取、效益评估等。

(2) JSF 项目^[22] JSF (Joint Strike Fighter, F-35) 是准备装备于美国海军、空军、海军陆战队,以及英国军队的下一代先进的联合攻击战斗机。拟设计和制造 5000 架次,全部于 21 世纪服役。JSF 是历史上首次采用真正全球化的虚拟企业方式联合设计生产的最先进的、高性能的战斗机。Lockheed Martin 公司是 JSF 项目的唯一承包者。JSF 项目团队将建立一个虚拟开发环境,通过 PLM 战略来管理 JSF 开发的全过程,使工程人员可以在实际加工前仿真飞机设计、制造的每一个方面。在早期的开发阶段改进设计,可有效减少返工次数,提高设计质量。

(3) AdCoMS 项目^[23] AdCoMS 项目 (Advanced Configuration Management System) 是欧盟支持的一个 ESPRIT 项目,也是欧洲 AIT 计划的一部分,开始于 1996 年。主要参加单位包括参与欧洲战机 (eurofighter) 项目的欧洲飞机制造商、IBM 公司、CSC (Computer Sciences Corporation) 和 System Consult 公司以及 Leeds 大学。作为一个概念性验证项目,AdCoMS 的目的是解决异地环境下多企业参加的复杂产品协同开发问题,特别是针对欧洲战机项目,解决欧洲主要宇航公司所面临的关键性问题。基于欧洲战机项目,AdCoMS 项目详细分析了复杂构型管理的需求,调研了欧洲战机从初始概念设计到售后服务全生命周期中的每一个步骤,清晰定义了生命周期管理过程的控制方法,建立了电子化的产品生命周期过程模型。同时,AdCoMS 还利用 IBM 公司的 ENOVIAVPM 系统搭建了一个 PLM 原型系统,选择了生命周期过程中的几个关键功能点,对该系统进行概念验证,这些功能包括需求管理、应用集成、冲突协调和可视化协同入口等。

(4) Enhance 项目^[24] Enhance (Enhanced Aeronautical Concurrent Engineering) 项目开始于 1999 年 2 月,历时 3 年,目前项目已经完成。项目目标是利用 PLM 技术来支持扩展企业的产品工程

和设计,缩短欧洲航空产品的上市时间,降低开发成本,减少数据管理、转换和传输的费用。该项目的内容和成果覆盖了飞机的全生命周期,从零件设计到检验和维护,包括面向扩展企业的产品工程和设计、商业过程和型号管理、多团队协作工作、IT 工具和基础结构,以及方法和工具的商业验证。

(5) PLCS 项目^[25] 它是最近才启动的一个国际性开放项目。其目的是开发满足产品全生命周期信息管理需求的国际标准。PLCS 项目准备提供全球化标准,来支持复杂、长生命周期产品开发中的信息定义和交互。项目将在 STEP 基础上,开发一个开放的产品生命周期数据管理软件框架,用 3 年时间完成一份 ISO 标准的草案。该标准将与 ISO 10303 (STEP) 标准相兼容,以增强 PLCS 在企业的应用性,更好地支持产品生命周期不同阶段的需求。

除了上面几个研究与应用项目外,随着 PLM 研究的不断深入,许多传统的 CAD、ERP 和电子商务供应商也纷纷进入到 PLM 领域,开发相关的软件产品。全球 PLM 产品市场呈现出迅速增长的趋势。根据 AMR 公司的分析,全球 PLM 产品市场 2001 年为 180 亿美元,而到 2005 年,全球 PLM 市场将达到 500 亿美元。目前,国际上主要的 PLM 供应商包括 EDS, PTC, Dassault Systemes, MatrixOne, Agile Software, Eigner, Alventive, Centric Software, CoCreate, Framework Technologies 等^[26]。同时,一些大型企业级方案供应商 (如 SUN、IBM、SAP 等) 也认识到 PLM 的战略价值,提出了企业 PLM 整体解决方案^[27,28]。

在我国,PLM 的研究也引起了许多研究单位和行业、企业的重视。航空、航天、家电和电子等行业都纷纷举办了 PLM 的专项研讨会,对 PLM 理念、技术、应用及其与企业技术进步、技术创新和产品结构调整的关系等进行了深入探讨。同时,PLM 也得到国家相关部门的重视和大力支持。国家科技部在“十五”国家高技术研究发展计划 (863 计划) 现代集成制造系统技术主题中,也将产品全生命周期管理系统列为“十五”期间的重点课题 (该课题由清华大学国家 CAD 工程技术研究中心负责)。在软件开发方面,许多国内的 PDM、ERP、CPC 软件的开发公司纷纷与国外 PLM 厂商合作,进行 PLM 的实施和二次开发工作。有些软件公司也开始着手进行具有自主知识产权的 PLM 软件开发工作,如新模式公司的“新模式产品链管理系统 (CPCChain)”、清华英泰信息技术中心的产品生命周期管理系统等。

4.2 发展趋势

目前,PLM 的研究正在从基本概念、体系扩展到面向企业生命周期整体解决方案的技术和实施方式上,希望为企业提供支持产品全生命周期协同运作的支撑环境和功能、提供标准化的实现技术和实施方法。因此,与整体解决方案相关的技术和应用,将成为 PLM 近阶段的研究重点,主要包括企业基础信息框架、统一产品模型、单一数据源、基于 Web 的产品入口,以及 PLM 标准与规范体系。

(1) PLM 基础信息框架 成功的 PLM 实施依赖于健壮和可互操作的 IT 信息基础结构。目前,新出现的 J2EE、XML 和 .NET 等框架,虽然功能非常强大,但它们并不保证与企业现有 IT 系统很好的交互。因此,如何利用集成技术,将企业现有的 IT 系统集成到一个统一框架中,是 PLM 实施中的一个关键问题。PLM 基础信息框架将成为今后实施中的核心工作。今后的 PLM 解决方案将建立在崭新的、开放的 Web 服务标准之上,为制造企业在一个集成的框架中优化它们的产品生命周期提供了一个极为灵活的基础信息环境。

(2) 统一产品模型 PLM 平台需要能够定义和管理产品生命周期中不同的产品数据及相关的过程和资源,并能够抽取和管理这些不同数据之间的关系,利用这些关系自动地在不同产品数据之间建立关联。因此,PLM 系统需要建立一个统一产品模型,用来存储生命周期所有阶段的产品、过程和资源的开发知识。该模型应是一个统一的、开放的对象模型,连接产品不同生命周期阶段的数据、过程、软硬件系统和组织等企业资源,支持动态的基于知识的产品信息创建和决策支持,优化产品定义、制造准备、生产和服务。它也可以说是一个电子仓库,为应用提供通用的建模功能和数据模型,实际上是为产品定义、制造过程和制造资源提供了一个联结,确保了全生命周期产品定义、过程和资源的一致性。

(3) 单一产品数据源 PLM 对产品开发的关键价值在于:它必须建立一个存放所有与产品有关的数据和知识的唯一数据库,无论历史经验还是新信息都可在产品生命周期中得到。PLM 的内部机制可以保证所有信息均可被捕捉,以供现在和未来产品设计改进的需要,并可在整个产品价值链共享。所有产品数据的单一数据源,可减少或消除产品设计中的错误,包含过时的工程图纸、设计规格和产品资料,信息维护将得到简化。同时,产品单一数据源的建立,也可以解决分布式、异构产品数据之间的一

致性和全局共享问题,实现了产品研制全生命周期的数据存储和管理。

(4) 基于 Web 的产品入口 PLM 为企业提供了一个统一的产品研发平台。但企业用户必须通过一个入口来获得产品的相关数据、应用程序和相关的服务。基于 Web 的产品入口为 PLM 系统提供了一个门户,使所有参与设计的人员通过浏览器就可以获得所需的设计文档与信息,共同完成某产品的开发设计。产品入口可根据不同的用户需求,实时地提供个性化的信息服务。企业的员工、企业的最终用户和合作伙伴等,都可以跨越时空的限制,参与到企业产品研发设计的各个环节中来。

(5) 标准和规范体系 PLM 系统必须建立起支持信息共享、交换、通讯和集成的规范与标准。根据 PLM 研究体系,PLM 系统需要从以下方面建立其标准和规范体系,它们是系统管理、资源管理、资源使用、运行控制、流程管理、操作协议、本体协议和数据标准。在 PLM 具体实施时,可以根据实际情况选择已有的标准来构建 PLM 标准体系,如采用 STEP 作为数据标准、WFMC 作为流程管理标准、OMG 的对象规范和 W3C 的互连网标准作为运行控制和操作标准等。

5 结束语

PLM 是近几年在工业领域得到大力推广应用的 IT 技术之一,也是增长最快的 IT 应用系统,其技术和产品都取得了巨大的发展。然而,实现产品生命周期管理是所有以产品为核心的制造企业的一个长期战略目标,其内容和程度根据企业的具体需求可以不断地改变和提高。它不是一个通过一次性的投入就可以完成的项目。因此对于一个企业,必须制定自己的产品生命周期管理战略和目标。与传统的工具软件相比,PLM 最复杂和最困难的一点在于实施。成功的 PLM 系统一定是技术、人员和管理方法的成功结合,用户一定要注意根据自己的需求和公司未来的发展战略,选择合适的 PLM 产品和技术。本文的目的就是希望通过对 PLM 基本概念的介绍,使用户对 PLM 的定义、内涵、地位和作用,及其基本的技术体系有一个正确的认识,以辅助企业制定和实施其产品生命周期管理战略。

参考文献:

- [1] DEAN J. Pricing policies for new products[J]. Harvard Business

- Review, 1950, 28(6): 45-53.
- [2] LEVIRT T. Exploit the product life cycle[J]. Harvard Business Review, 1965, 43(6): 81-94.
- [3] RINK D R, SWAN J E. Product life cycle research: a literature review[J]. Journal of Business Research, 1979, 7(3): 219-242.
- [4] XIONG Guangleng. Theory and practice of concurrent engineering [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2001(in Chinese). [熊光楞. 并行工程的理论与实践 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.]
- [5] Makingleaders Software Inc. Product lifecycle management evolution[EB/OL]. <http://www.makingleaders.com.tw>, 2002-11-07.
- [6] Aberdeen Group. Collaborative product commerce: delivering product innovations at Internet speed[R]. Boston: Aberdeen Group, Inc., 1999.
- [7] CIMData Inc. cPDM: The key to harnessing innovation in an E-business world[EB/OL]. <http://www.cimdata.com/index.htm>, 2002-11-12.
- [8] Hans-Jürgen Brück. The impact of organisational change management on the success of a product lifecycle management implementation - an investigation into the electronics manufacturing industry [D]. Ludwigshafen: Fachhochschule Ludwigshafen am Rhein University of Lincoln, 2002.
- [9] CIMData Inc. Product lifecycle management[R]. Michigan: CIMData Inc., 2001.
- [10] CIMdata Inc. Industry analyst events news[EB/OL]. [http://www.tekрати.com/T2/Analyst Relations/AnalystEventsArchivedNewsDetail.asp](http://www.tekрати.com/T2/Analyst%20Relations/AnalystEventsArchivedNewsDetail.asp), 2003-04-05.
- [11] MILLER E. Managing the design supply chain[EB/OL]. <http://www.cimdata.com/article9811.html>, 2002-11-08.
- [12] Aberdeen Group. PLM - it's for any manufacturer striving for product excellence[R]. Boston: Aberdeen Group, 2002.
- [13] PTC. Product lifecycle management for product first manufacturing companies[EB/OL]. <http://www.ptc.com>, 2002-11-04.
- [14] IBM Inc. What's PLM[EB/OL]. <http://www-1.ibm.com/industries/plm/index.htm>, 2002-11-22.
- [15] Frank Fernandez. How PLM helps[J]. Design News, 2002, 57(4): 60-61.
- [16] Collier Wayne. Managing the product lifecycle: the changing role of enterprise PDM[J]. Computer Graphics World, 1996, 19(9): 5-6.
- [17] PLCS. The product life cycle support initiative[EB/OL]. <http://www.plesinc.org>, 2002-11-15.
- [18] PTC Inc. Product lifecycle management for product first manufacturing companies[EB/OL]. <http://www.ptc.com>, 2002-11-04.
- [19] EDS Inc. Collaborative solutions for product lifecycle management[EB/OL]. http://www.eds.com/products/plm/pdf/plm_brochure.pdf, 2002-11-20.
- [20] CIMData Inc. Collaborative product definition management (cPDM) an overview[R]. Michigan: CIMData Inc., 2002.
- [21] ICP-35K Project Consortium. EoI for the ICP-35K project [EB/OL]. <http://eoi.cordis.lu>, 2002-11-25.
- [22] PHILLIPS E H. Lockheed martin confident it can build cheaper JSF[J]. Aviation Week & Space Technology Magazine, 2001, 155(17): 56-56.
- [23] IBM. ENOVIAVPM for the eurofighter AdCoMS project[EB/OL]. <http://www.ibm.com/solutions/plm>, 2002-12-02.
- [24] Dassault Systems, IBM Inc. Enhanced design - EU-driven aerospace initiative[EB/OL]. <http://www.airbus.com>, 2002-11-06.
- [25] PLCS. PLCS_725_FAQ_issue1[EB/OL]. http://www.plesinc.org/trifolds/PLCS_725_FAQ_issue1.doc, 2002-11-30.
- [26] Michael Burkett, Jennifer Kemmeter, Kevin Omarah. Product lifecycle management: what's real now[R]. Boston: AMR Research Inc., 2002.
- [27] Sun Microsystems Inc. Deploying collaborative product commerce solutions with EDS and sun[R]. California: Sun Microsystems Inc., 2002.

Overview of Product Lifecycle Management

HUANG Shuang-xi, FAN Yu-shun

(CIMS Cent., Dep. of Automation, Tsinghua Univ., Beijing 100084, China)

Abstract: As a strategic business approach to enable product innovation, Product Lifecycle Management (PLM) has been seen a substantial increase in the last years. Nevertheless, there are still some confusion on its concept, role, and contents. This paper aims to present the state of the art of PLM and attempts to survey the major international efforts in developing this emerging technology. Five questions can be answered in this paper: How and why PLM emergence? What's PLM? How about its role? What are involved in PLM? And, how PLM technology is likely to develop over the coming years?

Key words: product lifecycle; product lifecycle management; product definition; enterprise informatization strategy

产品生命周期管理研究综述

作者: 黄双喜, 范玉顺
作者单位: 清华大学自动化系国家CIMS工程技术研究中心, 北京, 100084
刊名: 计算机集成制造系统 ISTIC EI PKU
英文刊名: COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING SYSTEMS
年, 卷(期): 2004, 10(1)
被引用次数: 73次

参考文献(27条)

1. [PLCS. PLCS_725_FAQ_issue1](#) 2002
2. [Dassault Systems, IBM Inc.. Enhanced design-EU-driven aerospace initiative](#) 2002
3. [IBM ENOVIAVPM for the eurofighter AdCoMS project](#) 2002
4. [PHILLIPS E H Lockheed martin confident it can build cheaper JSF](#) 2001
5. [ICP-35K Project Consortium EoI for the ICP-35K project](#) 2002
6. [CIMdata Inc Collaborative product definition management \(cPDM\):an overview](#) 2002
7. [CIMdata Inc Product lifecycle management](#) 2001
8. [Hans-Jürgen Brück The impact of organisational change management on the success of a product lifecycle magement implementation-an investigation into the electronics manufacturing industry](#) 2002
9. [CIMData Inc. cPDM .The key to harnessing innovation in an E-business world](#) 2002
10. [Aberdeen Group Collaborative product commerce:delivering product innovations at Internet speed](#) 1999
11. [Makingleaders Software Inc. Product lifecycle management evolution](#) 2002
12. [Xiong Guangleng Theory and practice of concurrent engineering](#) 2001
13. [RINK D R;SWAN J E Product life cycle research: a literature review](#) 1979(03)
14. [Sun Microsystems Inc Deploying collaborative product commerce solutions with EDS and sun](#) 2002
15. [Michael Burkett;Jennifer Kemmeter;Kevin Omarah Product lifecycle management: what's real now](#) 2002
16. [EDS Inc Collaborative solutions for product lifecycle management](#) 2002
17. [PTC Inc Product lifecycle management for product first manufacturing companies](#) 2002
18. [PLCS The product life cycle support initiative](#) 2002
19. [Collier Wayne Managing the product lifecycle](#) 1996(09)
20. [Frank Fernandez How PLM helps](#) 2002(04)
21. [IBM Inc What's PLM](#) 2002
22. [PTC Product lifecycle management for product first manufacturing companies](#) 2002
23. [Aberdeen Group PLM-it's for any manufacturer striving for product excellence](#) 2002
24. [Miller E Managing the design supply chain](#)
25. [CIMdata Inc Industry analyst events news](#) 2003
26. [LEVIRT T Exploit the product life cycle](#) 1965(06)
27. [DEAN J Pricing policies for new products](#) 1950(06)

引证文献(74条)

1. 胡志明, 王仲奇, 吴建军. 基于本体的单一产品数据源组织研究[期刊论文]-[中国制造业信息化](#) 2011(1)
2. 方琳, 容康权. 面向生命周期工程的产品模块化设计[期刊论文]-[机械管理开发](#) 2010(1)
3. 宋铁牛. PDM系统在军工产品研制中的应用研究[期刊论文]-[现代防御技术](#) 2010(6)
4. 密海英. 基于工作流的产品协同设计系统的设计与实现[期刊论文]-[苏州市职业大学学报](#) 2010(2)
5. 张建明, 刘桂芹, 刘庆修, 王喜迁. 煤矿井下坑道钻机产品数据管理模型与系统[期刊论文]-[煤田地质与勘探](#) 2010(4)
6. 张云飞, 赵杨洋, 徐竹田. 面向按订单生产的工作流系统设计与应用[期刊论文]-[机械设计与研究](#) 2010(2)
7. 于轶, 严隽薇, 刘敏. 面向产品信息协作的本体映射方法[期刊论文]-[计算机集成制造系统](#) 2010(5)
8. 钟诗胜, 付旭云, 丁刚. 面向航空公司的发动机维修数据管理模型[期刊论文]-[计算机集成制造系统](#) 2010(5)
9. 郑力, 江平宇, 乔立红, 奚立峰. 制造系统研究的挑战和前沿[期刊论文]-[机械工程学报](#) 2010(21)
10. 王芳, 丁涛. 面向石油机械产品生命周期的网络化制造的研究[期刊论文]-[价值工程](#) 2010(34)
11. 黄颖, 何萍, 李文东. 基于Logistic模型的产品生命周期研究[期刊论文]-[江苏科技大学学报\(社会科学版\)](#) 2009(4)
12. 李有堂, 李秀玲. 基于产品全生命周期管理的信息化协同模型与运作框架[期刊论文]-[兰州理工大学学报](#) 2009(4)
13. 李晓非. 运用可拓理论的产品生命周期识别[期刊论文]-[工业工程](#) 2009(2)
14. 丁涛, 任工昌, 王芳. 面向产品生命周期的网络化制造的研究[期刊论文]-[组合机床与自动化加工技术](#) 2009(2)
15. 薄洪光, 刘晓冰, 马跃, 蒙秋男. 基于粗糙集的钢铁行业工艺知识发现方法[期刊论文]-[计算机集成制造系统](#) 2009(1)
16. 管继锋. 生命周期理论视角下核心能力的可持续性管理分析[期刊论文]-[黑龙江科技信息](#) 2009(33)
17. 江平宇, 朱琦琦. 产品服务系统及其研究进展[期刊论文]-[制造业自动化](#) 2008(12)
18. 李有堂, 杨松. 基于产品全生命周期的信息终端模型[期刊论文]-[机械设计](#) 2008(12)
19. 周莉莉, 唐智红, 李仁旺, 刘海霞. 可重组制造系统设备诊断指标体系及方法探讨[期刊论文]-[机械设计与制造](#) 2008(7)
20. 王经坤, AI Xing, 许国军. 虚拟设计与传统设计的定量化设计周期对比[期刊论文]-[组合机床与自动化加工技术](#) 2008(8)
21. 江伟光, 武建伟, 潘双夏, 郭峰. 基于元模型的产品全生命周期信息模型研究[期刊论文]-[中国机械工程](#) 2008(12)
22. 王芳, 丁涛, 任工昌. 面向食品机械产品生命周期的网络化制造的研究[期刊论文]-[包装与食品机械](#) 2008(5)
23. 高雷, 张振明, 田锡天, 耿俊浩. 三维产品数据生命周期管理方法研究[期刊论文]-[现代制造工程](#) 2008(4)
24. 孙衍林. 供应链管理 with 产品生命周期的战略匹配[期刊论文]-[中国管理信息化\(综合版\)](#) 2007(6)
25. 于淑贞. 现代设计方法在产品中的应用[期刊论文]-[装备制造技术](#) 2007(3)
26. 宋晓, 李伯虎, 柴旭东. 复杂产品虚拟样机全生命周期管理系统研究[期刊论文]-[系统仿真学报](#) 2007(11)
27. 鲁小蓉, 叶金福, 邹艳. 航空武器装备PLM概念模型设计[期刊论文]-[工业工程](#) 2007(5)
28. 张兴亮, 董军辉, 喻俊馨. 面向产品生命周期的包装机械数字化设计技术研究[期刊论文]-[包装工程](#) 2007(11)
29. 宋晓, 龚光红, 李伯虎. 基于本体的仿真系统全生命周期管理[期刊论文]-[北京航空航天大学学报](#) 2007(8)
30. 鲁小蓉, 邹艳, 王晓新. 面向产品生命周期的企业信息门户研究[期刊论文]-[情报杂志](#) 2007(3)
31. 纪杨建, 祁国宁, 顾巧祥. 产品族生命周期数据模型及其演化研究[期刊论文]-[计算机集成制造系统](#) 2007(2)
32. 刘琼, 崔首领, 邓超, 吴军. 基于J2EE的协同质量看板系统研究与实现[期刊论文]-[计算机工程与设计](#) 2007(11)
33. 张庆奎, 赵良才, 方喜峰, 苏世杰. 基于数据挖掘和数据网格技术的舰船全寿命信息共享和发现研究[期刊论文]-[中](#)

34. [高娜, 赵高正, 高春燕](#) 产品生命周期管理与制造业信息化[期刊论文]-[现代制造工程](#) 2006(9)
35. [刘中华, 曹宝香](#) 基于B/S结构的日程管理系统的设计与实现[期刊论文]-[电脑知识与技术\(学术交流\)](#) 2006(10)
36. [唐晓青, 胡云, 王雪聪](#) 面向产品生命周期的质量数据模型[期刊论文]-[北京航空航天大学学报](#) 2006(10)
37. [沈斌, 宫大, 赵红](#) 产品生命周期支持下的网络化制造平台的研究[期刊论文]-[制造业自动化](#) 2006(2)
38. [田媛, 计国君](#) 基于产品生命周期的价值递送问题探讨[期刊论文]-[宁夏大学学报\(人文社会科学版\)](#) 2006(6)
39. [刘艳菊, 陈昱, 杨东超](#) 基于PLM的任务管理模型研究[期刊论文]-[机械设计与制造](#) 2006(3)
40. [夏榆滨, 魏秋红](#) 基于PLM的工程资源管理系统研究与实现[期刊论文]-[计算机工程与设计](#) 2006(5)
41. [吴军, 邓超, 邵新宇, 游本善](#) 面向PLM的协同质量管理体系[期刊论文]-[华中科技大学学报\(自然科学版\)](#) 2006(6)
42. [张庆奎, 苏世杰, 赵良才, 方喜峰](#) 舰船全寿命敏捷供应链信息共享研究[期刊论文]-[中国造船](#) 2006(3)
43. [胡斌, 章德宾, 张金隆](#) 企业生命周期的系统动力学建模与仿真[期刊论文]-[中国管理科学](#) 2006(3)
44. [沈斌, 宫大, 赵红](#) 面向产品生命周期的网络化制造的研究[期刊论文]-[机械与电子](#) 2006(1)
45. [张夕勇, 丁慧平](#) 基于产品生命周期的汽车项目投资阶段识别模型[期刊论文]-[湖南大学学报\(自然科学版\)](#) 2006(2)
46. [田珂](#) 开放网络环境下工作流管理系统的技术研究[学位论文]博士 2006
47. [郭艳灵](#) PDM中基于RBAC的权限控制的研究与实现[学位论文]硕士 2006
48. [亢亚敏](#) PLM在航空制造业的应用研究[学位论文]硕士 2006
49. [颀瑞昌](#) 基于质量BOM的产品质量信息集成技术研究[学位论文]硕士 2006
50. [欧松](#) 复杂金融产品设计与仿真技术综述与展望[期刊论文]-[系统仿真学报](#) 2005(12)
51. [杨光勇, 计国君](#) 产品生命周期对配送网络设计的影响[期刊论文]-[物流科技](#) 2005(11)
52. [何山, 胡树华](#) 中国汽车产品市场扩展特征研究[期刊论文]-[武汉理工大学学报\(信息与管理工程版\)](#) 2005(4)
53. [魏秋红, 夏榆滨](#) 基于PLM的快速报价系统的设计与实现[期刊论文]-[计算机与数字工程](#) 2005(4)
54. [于万钧, 刘大有, 李嘉菲, 李妮娅, 刘全](#) 面向产品生命周期的工作流管理功能建模[期刊论文]-[计算机集成制造系统](#) 2005(7)
55. [欧松](#) 复杂虚拟产品设计与计算环境[期刊论文]-[计算机工程与设计](#) 2005(8)
56. [万立, 郑霞, 刘清华](#) 产品全生命周期管理平台的集成产品开发流程实现研究[期刊论文]-[计算机辅助工程](#) 2005(2)
57. [张庆奎, 陈澜, 赵良才, 黄因慧](#) 基于CPC的大型定制产品全寿命敏捷供应链信息模型研究[期刊论文]-[华东船舶工业学院学报\(自然科学版\)](#) 2005(2)
58. [魏延辉](#) 益寿堂西安公司保健品成长期营销策略[学位论文]硕士 2005
59. [孟晓军](#) 基于高层建模的模型库管理技术研究与实现[学位论文]硕士 2005
60. [万长征](#) CAPP项目质量的关键因素分析[学位论文]硕士 2005
61. [王伟](#) 网络化制造环境下PDM系统产品开发过程管理的研究[学位论文]博士 2005
62. [庞罕](#) 面向PLM的成本估算系统的研究与实现[学位论文]硕士 2005
63. [王承锋](#) 面向PLM的信息集成系统应用研究[学位论文]硕士 2005
64. [罗云](#) 基于PDM的飞机产品技术管理研究与应用[学位论文]硕士 2005
65. [丁鼎](#) 作业质量成本管理辅助软件系统开发[学位论文]硕士 2005

66. [朱耀琴](#) [复杂产品虚拟样机工程信息管理理论及其应用研究](#)[学位论文]博士 2005
67. [周沈刚](#) [集成环境下工装生命周期管理系统研究](#)[学位论文]硕士 2005
68. [赵良才](#). [龙红军](#). [景旭文](#) [基于动态联盟的舰船全寿期敏捷供应链](#)[期刊论文]-[上海大学学报\(英文版\)](#) 2004(z1)
69. [王承锋](#). [许映秋](#) [面向PLM的工作流管理应用研究](#)[期刊论文]-[制造业自动化](#) 2004(12)
70. [陈澜](#). [赵良才](#) [基于Web的复杂产品全寿期敏捷供应链系统研究](#)[期刊论文]-[制造技术与机床](#) 2004(9)
71. [孙亚忠](#). [盛步云](#) [基于工作流技术的产品全生命周期管理系统研究](#)[期刊论文]-[成组技术与生产现代化](#) 2004(2)
72. [于万钧](#) [工作流管理技术研究](#)[学位论文]博士 2004
73. [冯珍](#) [产品级再使用研究](#)[学位论文]博士 2004
74. [胡志明](#). [王仲奇](#). [吴建军](#) [基于本体的单一产品数据源组织研究](#)[期刊论文]-[中国制造业信息化](#) 2011(1)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jsjjczxt200401001.aspx