产品至上

创新协同推动中国制造业

PTC公司百篇论文征集活动组
《CAD/CAM与制造业信息化》杂志 编

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

产品至上
创新协同推动中国制造业

PTC 公司论文征集活动组
《CAD/CAM 与制造业信息化》杂志 编

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书是一本关于创新设计的论文集，内容涉及CAD/CAM/CAE/PLM/PDM等方面。全书共分三篇，作者包括业界知名专家、国内大型企业的CIO以及来自企业的工程技术人员。其中的第一篇为“理论篇”，主要围绕PDS以及产品开发技术展开，具有很强的综述性和前瞻性。第二篇为“管理篇”，以PLM为切入点分析PLM在实际应用当中的现状及可行性、趋势展望等。第三篇“技术篇”主要介绍创新协同在企业实际应用中的现状、成效、趋势展望等，同时还包括了有关PTC解决方案的实施、应用成功案例及应用技巧。

本书对从事CAD/CAM/CAE/PLM/PDM的应用、开发、研究和管理的各类工程技术人员具有很高的参考价值，也可以供相关院校的师生做教学参考。

图书在版编目（CIP）数据

产品至上，创新协同推动中国制造业 / PTC 公司论文征集活动组，《CAD/CAM 与制造业信息化》杂志编．北京：机械工业出版社，2004.9

ISBN 7-111-15270-0

Ⅰ．产… Ⅱ．① P… ② C… Ⅲ．制造工业－产品－技术开发－企业管理－中国 Ⅳ．F426.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2004）第 094683 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮编：100037）
责任编辑：丁海骜 刘 宸 版式设计：齐 杰 责任校对：陈 苑
封面设计：齐 杰 责任印制：侯国生
北京新华彩印厂印刷 · 新华书店北京发行所发行
2004 年 9 月第 1 版 · 第 1 次印刷
889mm × 1194mm 1/16 · 23.25 印张 · 450 千字
定价：80.00 元

序

在新的全球经济中，产品开发过程已经被提升为一个主要的竞争武器。这一竞争优势来自于对最优产品开发体系的需求，该系统在技术体系结构上提供了相应的功能，而技术体系结构则顺应了数字化产品价值链的需求。

PTC于2003年3月3日，展示了业界首套完善的产品开发体系及其体系结构。PTC的产品开发体系（PDS）提供了许多领域中的功能，包括产品设计与开发、产品数据管理、项目管理与协作以及其它方面的功能。这套系统能让企业更方便地实施产品生命周期管理（PLM），从而解决了日益复杂的产品开发问题。PTC公司成立于1985年，总部位于美国波士顿的PTC公司是产品开发解决方案供应商（The Product Development CompanyTM）。作为致力于产品开发解决方案的软件公司，PTC在全球100多个办事处开展业务，共拥有3,000多名员工，为35,000多家客户提供服务，为企业从产品计划、设计到生产以及市场运作及售后服务提供完善的软件支持。

PTC推崇“产品至上（Product First™）”原则，帮助企业创造出一流产品以保持持久的竞争优势。PTC的目标是提供产品至上型制造商所需要的软件、服务和支持，以便这些制造商把他们的产品开发过程转化为一种竞争优势。

PTC是产品生命周期管理（PLM）解决方案市场的战略领导厂商，更是全球唯一一家有能力提供整套领先PLM解决方案的供应商。PTC的解决方案能够快速启动、“开箱即用”，因此，易于部署并快速增值，这意味着，它可以被广泛采用，并快速带来回报。

PTC的旗舰产品系列包括Windchill和Pro/ENGINEER。其中Windchill是业界一流的纯互联网体系结构，适用于基于Web的项目协作和数据管理。它是一套经过实践证明的模块化解决方案，其系列解决方案提供了多方面的功能，包括产品数据管理、项目管理和协作、动态设计配置、组件管理和零件目录以及制作协作。

Pro/ENGINEER是业界领先的三维计算机辅助设计和制造的产品开发解决方案。它提供了强大的数字设计功能，具有创建高级、优质产品模型和设计方案并造就一流产品的能力。PTC于2002年推出的新一代Pro/ENGINEER® Wildfire® 野火版，专为数字化产品价值链而设计。而2004年5月Pro/ENGINEER野火版2.0的发布，更进一步巩固了PTC在PLM领域的领导地位。它提倡“易学易用、功能强大、互连互通”，并提供了一个专门针对目前产品开发过程的实际情况而设计的多用户环境，具备了数百项新的可用性和协作增强功能，把整个供应链上产品开发人员的效率、数据管理、实时设计交流提升到了一个新的高度。用户可以通过web与Windchill协同解决方案进行连接，进一步把他们的能力扩展到创造创新产品以及更快得把创新产品推到市场上。

通过将这两大产品开发引擎（Windchill和Pro/ENGINEER）强强组合，PTC创建了业界首套一体化产品开发体系（PDS），最终使PLM成为适合各种规模公司的一套可行、且低风险的方案。使用这套系统，企业可以建立高精确度的数字产品，可以使他们的整个广义数字化价值链成员相互协作，并能控制所有相关的产品信息和过程。模块化系统可以逐个部署，并能得到成套服务的支持，从而使企业可以实施一个通用的开放式PLM体系结构，这种结构可以连接传统应用和异构CAD系统，并能保护以往的IT投资。这些完善而灵活的系列产品和服务，能让客户根据他们的特殊需求、时间安排和策略来部署产品开发体系。

PTC的产品开发体系是该公司重大研发投资中额度最高的一个，它能为客户提供一整套系统，而不是一些需要用大量资金和时间来集成的堆砌产品，PTC这项最大投资将大大降低客户的总拥有成本。该系统符合“产品至上指引图（Product First Roadmap）”，能让企业把精力集中在通过特殊的产品开发战略、活动和努力来建立更好的产品这项任务上，从而大大提升了它们的业务。通过形成产品至上的思想，企业会获得蕴藏在产品开发过程中所带来的企业增长和利润增加的机会。产品开发是一个复杂的跨企业过程，优化它需要一套建立在优秀基础平台之上的系统方法，一个优秀的产品开发体系结构必须提供高性能、可扩展性、柔性、高可用性、安全性和一体化的功能。它必须满足广义企业的数据完整性和数据分发需求，而且它必须为企业提供能有效管理他们的总拥有成本的硬件平台和架构选件。目前，许多企业都受PLM的限

制。PTC紧密关联的产品开发体系，在满足客户的“一站式采购”需求方面是一个真正的突破，它能让客户在一个一体化体系结构中实施整个PLM过程，并避免长期以来PLM单点解决方案所带来的集成问题。通过提供借助Web服务协议而无缝连接在一起的桌面CAD引擎和基于Web的数据管理和协作引擎，PTC为客户提供了一种能够优化他们产品开发过程的低风险、低成本的简单方法。

成功实施产品开发体系的关键在于组织是否有能力管理与系统相关的人员、过程和技术。PTC能提供一套价格固定、可以更好满足客户需求的整体服务和培训、一张服务明细单或可配置的解决方案。经过测试和验证，这些服务可以大大降低实施成本和风险，确实改善产品开发过程，减少实施过程中人员的浪费，挖掘利用产品开发过程来建立优秀产品的潜在机会。PTC的产品开发体系为客户带来了许多切实的利益，其中包括：通过加快产品开发速度来获得更高的效率；同一套“记录系统”可以处理整个过程中的产品信息；用户可以使用他们熟悉的环境在产品开发过程中进行创造、协作和控制，来减少培训时间和费用；企业可以更好地管理供应商之间的依存关系；因为高效系统需要更少的定制集成和连接，所以可以降低企业总拥有成本。最优化的产品开发过程逐渐成为企业脱颖而出的重要竞争优势。

制造商依赖PTC实现成功产品开发的关键是“3C”，即创造（Create）、协同（Collaborate）和控制（Control）。

PTC的客户服务是由经过专家培训的顾问提供的，他们得到了九个全球服务支持中心（获得ISO 9000认证）和广泛的、富有经验的服务合作伙伴网络的补充支持。

PTC已成为提供创新产品开发解决方案的驱动力，并以“帮助制造商创造一流产品制胜”为己任。PTC的客户包含了全球众多成功的企业，包括：ABB、空中客车、奥迪、波音、Sun公司、通用动力、洛克西德马丁、英格索兰、施耐德电气、大众、精工爱普生、英特尔以及西门子等。PTC的全球硬件和咨询伙伴包括：Sun公司、IBM公司、埃森哲、联想、毕博、凯捷安永、计算机科学公司、博敦、惠普咨询、Gateway、SIMTECH、Global E-Business、Integraph、Goldman & Saloum、Lifecycle Solutions、Rolta、Satyam、TRW、洛克西德马丁商用系统。

PTC一直关注中国市场，早在1993年便在北京设立了第一个办事处，目前共有6个办事处分别位于北京、上海、成都、广州、深圳和香港。PTC在中国经历了十年的发展，业务已扩展至航天、航空、国防、汽车、造船、兵工、电讯、电子、高科技、及模具等行业。PTC与一汽、东风汽车、航天部、沈阳飞机厂、船舶总公司、海尔、联想、华为、上海大众、美的、春兰、长虹、格力等中国优秀企业的成功合作，向所有中国客户提供了成功的模板。PTC在中国的业务每年高速增长，中国已成为PTC在亚洲最富策略性的市场之一。PTC的优异解决方案服务于中国社会，使企业无一例外地取得了巨大的成功，推动了中国制造业向信息化的科技高峰迈进。

PTC公司

2004年7月21日

前　言

进入21世纪，全球经济一体化的趋势进一步加强，同时，随着我国加入WTO，制造业在经济领域中的地位就更加重要了。然而，现实情况是：我国的制造业总体来说大而不强。一方面，我国的劳动生产率很低，工艺落后，精密设备不足。另一方面，技术创新能力薄弱也是我国制造业所面临的问题。据统计，我国产品开发周期平均是1～2年，而发达国家则为3～6个月；我国企业主导产品的生命周期是10.5年，而发达国家只有3年。现实是严峻的，这要求我国的制造企业必须把产品作为企业的核心，把创新视为产品的灵魂，以适应市场和客户的多元化需求。

世界产业结构的调整对我国制造业来说既是机遇，也是挑战。我国政府早在“七五”、“八五”期间就已经开始大力倡导在制造业中采用先进的设计与制造技术，并在“九五”、“十五”正式提出了制造业信息化的战略目标，力争“以信息化改造传统产业”。“十五”期间，由科学技术部牵头的“制造业信息化工程”将“设计数字化”列为制造业信息化的首要目标，充分说明了“产品设计”之于制造企业的重要性。通过实现产品设计手段与设计过程的数字化和智能化，设计数字化能缩短产品开发周期，提高企业的产品创新能力。同时，设计手段的提高也带来了企业对产品开发过程数字化的要求。由此，产品开发过程的数字化也已经被提升为制造企业的一个重要竞争武器。

基于企业对最优产品开发体系的需求，同时也为了在我国工程技术人员中普及数字化设计技术以及产品开发体系的理念，《CAD/CAM与制造业信息化》杂志与PTC公司开展合作，共同编辑出版《产品至上——创新协同推进中国制造业》论文集，希望对我国制造企业的信息化进程能起到积极的作用。

本书的编辑出版得到了行业专家和广大工程技术人员的大力支持和帮助。在此特别感谢熊光楞、童秉枢、范玉青、祁国宁、林清安、王时龙、刘晓兵、张继春、孙伟、汤文成等多位专家学者的赐稿。同时，对所有支持和参与本书编写的专家学者、工程技术人员表示谢意！

由于成稿仓促，加之编辑水平有限，书中难免存在错误和不当之处，欢迎读者批评指正！

编委会

2004年8月15日

目　录

第一篇 理论篇

第二篇 管理篇

第三篇 应用篇

第一篇

理论篇

复杂产品并行开发项目管理的研究

熊光楞 姚咏

(清华大学国家CIMS工程技术研究中心)

【摘 要】分析了复杂产品并行开发的特点以及对项目管理的需求，提出两种基于PDM系统的项目管理方案，用于完善复杂产品并行开发的管理，并给出了两种方案的实现实例。

【关键词】复杂产品 并行工程 项目管理 PDM

1 引言

复杂产品是指客户需求复杂、产品组成复杂、产品技术复杂、制造过程复杂、项目管理复杂的一类产品[1]，如航天器、飞机、汽车、武器系统等。

在复杂产品开发中，并行工程的思想和相关的方法、技术得到越来越多的应用，其核心思想是，对传统的产品设计过程和组织机构进行了重构，使分散在不同部门甚至不同地区的的设计人员通过计算机网络进行产品协同开发。产品的并行、协同开发是设计理论自身发展的趋势，也是市场经济发展的需要。

在对复杂产品进行并行开发的过程中，产品数据管理(PDM)系统得到普遍应用。虽然PDM号称是一门管理所有与产品相关的信息和所有与产品相关的过程的技术[2]，但大部分PDM系统的项目管理功能很有限。

本文将分析复杂产品并行开发的特点和对项目管理的需求，提出两种基于PDM系统的项目管理方案，用于完善对复杂产品并行开发的管理，最后，还将给出两种方案的实现实例。

2 复杂产品并行开发对项目管理的需求

并行工程以集成并行的方式设计产品及其相关过程(包括制造过程和支持过程)，力求使产品开发人员在设计的开始阶段就考虑到产品的整个生命周期：从概念形成到产品报废处理的所有因素，包括质量、成本、进度等要求[2]。并行工程被认为是系统集成的新阶段，即将信息集成进一步推向过程集成。

复杂产品并行产品开发过程和传统产品开发相比，有着明显的特点。

(1)强调团队协同工作。构建集成产品开发团队（IPT）是并行工程实施的基础。复杂产品开发的IPT，不仅包括企业中的各个部门的成员，通常还包括合作伙伴企业和最终用户的参与。

(2)强调开发过程的并行性。由于要求缩短产品的开发周期，并行成为必需。在并行处理过程中，活动往往是迭代的，而不是顺序执行。并行处理还需要对资源进行计划，并行资源计划使活动能并行完成。

(3)强调开发过程的集成性。采购、设计、制造和管理等过程不再是一个个相互独立的单元，而要将它们纳入一个整体的系统来考虑，开发过程不仅出图样和其他设计文档，还要进行进度计划、质量控制以及成本核算等。

(4)强调开发过程的快速反馈。并行工程强调对设计结果及时进行审查，并及时反馈给设计人员。这样可以大大缩短设计时间，还可以保证将错误消灭在“萌芽”状态。

项目管理是指把各种系统、方法和人员结合在一起，在规定的时间、预算和质量目标范围内完成项目的各项工作。项目管理系统在并行产品开发中的作用包括：帮助项目负责人制定任务计划，保证任务在“正确的时间传递到正确的地点给正确的人”；监控项目进度的执行情况，在项目进度出现异常后，可以通过决策支持系统或人工干预进行异常处理，对项目进行调整，从而保证项目的进度和质量。由于复杂产品并行开发是在一个分布环境下的，多主体、协同、并行的过程，所以项目管理系统需要按以下原则构建。

(1)支持分布、异构环境。工作组之间可能采用的是不同的操作系统和设计软件，并且可能在地理位置上是分散的，这就要求系统要能够在多种平台上运行，而且能随时随地进行访问。

(2)支持并行、协同设计。产品开发中存在串行、并行和迭代的活动，系统应该具备对这些活动进行计划和控制的能力。由于协同设计分为工作组内和工作组之间的协同，组内成员一般要求实时进行协同；而工作组之间的协同工作则主要体现为项目管理者对项目的规划、进度的控制和对工作流的调度，这可以是一个异步的过程。

(3)能够体现开发过程的多视图特性。产品开发中的信息模型应该是一个综合的模型，包括项目视图、流程视图、组织视图和资源视图等。

(4)数据、信息的准确性、一致性。开发人员应该在“准确的时间，准确的地点，得到准确的信息”，明确自己目前要做的工作任务，了解上、下游的工作状况和开发过程中的变化。

3 基于 PDM 的项目管理系统设计

PDM 系统的重要功能包括数据和文档管理、过程管理和应用系统的集成等[4]。PDM 通常是一个面向对象的信息系统，它能对产品的整个形成过程进行控制并对在该过程中形成的或需要处理的数据和文档进行管理。在并行产品开发中，PDM 通常作为信息集成和过程集成的平台。以PDM 为基础实现项目管理功能是解决复杂产品并行开发管理的有效途径。基于PDM的项目管理系统，可以充分利用PDM 基于 Web 的特点来实现分布式协同，利用 PDM 中工作流管理系统实现活动并行、迭代的执行和控制，项目相关文档也可从 PDM 中得到有效的管理。

实现基于PDM的复杂产品并行开发项目管理功能有两种方案。方案一是根据项目管理需求，扩展 PDM 功能。方案二是通用项目管理系统与 PDM 系统进行集成。

3.1 根据项目管理需求，扩展 PDM 功能

一些 PDM 的提供商已经开始提供基于 PDM 的项目管理模块，例如 PTC 公司的 Windchill ProjectLink。企业也可以根据自身的需求，对 PDM 系统进行二次开发，实现项目管理功能。项目管理功能可以通过在PDM 系统中增加一些特殊的对象类来实现，其中最主要的是“项目”对象类。“项目”类包括了项目管理相关的所有信息。为了实现项目管理的基本功能，“项目”类主要的组成部分包括以下几个方面。

(1)基本信息。项目类别、编号、名称、优先级、重要度、负责人、存放位置或者说明等。

(2)项目进度计划。预计开始日期、预计完成日期、实际开始日期与实际完成日期等。

(3)人力资源。项目成员、所属阶段、成员类型、预计工时、实际工时与任务描述等。

(4)隶属和关联关系。子项目、父项目、根项目、参考项目和相关文档等。

“项目”对象与PDM中基本业务对象之间的联系，如图1所示。这些联系一方面用来对项目的组织数据进行管理，另一方面用来管理在一些成功实施项目中形成的结果和产品数据。

对PDM进行二次开发，可以比较方便地实现下列项目管理的主要功能：项目的创建和工作任务分解；项目进度的监控和跟踪；项目的人力资源使用情况；项目相关文档的管理；项目成员参与项目的情况。

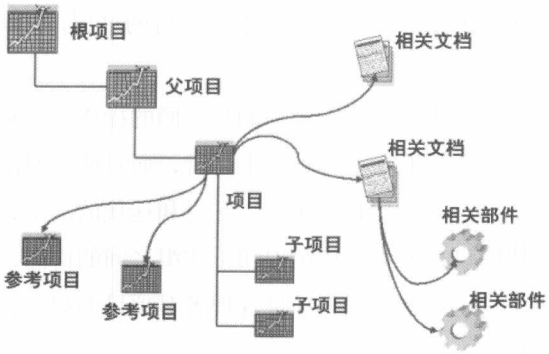

图1 “项目”对象与PDM中基本业务对象之间的联系

3.2 通用项目管理系统与PDM集成

通用的项目管理系统一般都具备了项目的计划、项目监督和跟踪、资源管理、报表生成等基本功能。项目管理系统还可以很方便地编制甘特图与网络图等，并用关键路线法（Critical Path Method，简称CPM）和计划评审技术（Program Evaluation and Review Technique，简称PERT）等方法进行网络分析，计算网络中各项活动时间，确定关键活动与关键路线，不断地调整与优化网络，以求得最短周期。

但是根据复杂产品并行开发的特点，现有的项目管理系统普遍存在不足。现有系统以单机版和支持局域网为主，而采用B/S结构，基于Web技术的系统很少见。现有系统普遍缺乏对产品开发过程中并行、迭代的活动进行计划和控制的能力。产品开发过程中会产生大量的数据和信息，这些数据和信息的共享和访问控制是协同设计的基础，而现有系统一般不能对此进行有效管理。

通用的项目管理系统（例如MS Project）与PDM的集成是实现复杂产品项目管理的另一种方式。这种方式存在两种实现手段来进行集成：一是利用PDM和项目管理系统所提供的API进行开发来实现双向的数据交换；二是直接在项目管理系统中对PDM的数据库进行操作，访问相关的数据，然后在项目管理系统中进行处理。

通用项目管理系统与PDM的集成，可以把项目管理和过程管理、数据管理等功能很好的结合起来。可以通过项目管理软件进行项目的计划，并把结果传送到PDM系统中，PDM系统就可以利用这些信息自动生成一个项目模型，并生成相应的工作流程和任务，使项目的计划付诸实施。也可以将PDM中的工作流程和其他相关信息传送到项目管理系统中，用项目管理系统对项目的计划、执行情况进行图形化的显示，并自动生成相应的报表。

基于PDM的项目管理系统的两种方案，都可以满足复杂产品项目管理的基本需要。第一种方案是对PDM的二次开发实现的，与PDM的集成性程度高，并且该系统的灵活性、扩展性都比较好，而且可以节约购买通用项目管理系统的成本，但如果要实现比较复杂的项目管理功能，开发的工作量将比较大。第二种方案可以充分利用通用的项目管理功能。对于已经采用了通用项目管理系统的企业，这

个方案还可以减少培训和实施的时间。但是由于通用项目管理系统和PDM系统在体系结构、数据结构等方面可能存在比较大的差别，因此开发的难度比较大，要实现高度集成有一定困难。不同的企业可以根据自身的特点和需求来选择合适的方案。

4 实例分析

在复杂产品开发中采用并行工程成为了一种必然，因此企业采用有效的并行开发项目管理技术成为产品开发成功的关键。本文提出了两种基于PDM的项目管理功能实现方案，可以适应各种不同企业的特点和需求。

某企业承担了某作战系统的研制工作。作战系统是一项复杂的系统工程，涉及光、机、声、电、控制等多学科领域，并含有丰富的战术应用软件和技术应用软件。设计中，不但要注重战技指标的先进性，还要充分考虑综合效能的发挥，尤其新一代系统将是基于网络环境的全分布式系统，技术要求高。该作战系统作为一种复杂产品，其开发存在下列的特点。

(1)系统研制的特点以系统集成为主，涉及的单位多，研制关系复杂。

(2)系统的研制周期因需要大大缩短，经费少，系统的集成度高，质量要求高。

(3)批量小，批次及技术状态多，生产组织管理复杂。

为了很好地完成研制任务，并行工程及其相关的技术、工具已经被有计划地引入到研制过程中。采用了PTC公司的Windchill系统作为产品数据管理工具和并行工程集成的平台。在项目管理方面，企业主要的需求包括：对型号研制的重要阶段进行管理；在型号研制过程中，能对进度和过程执行情况进行监控；能进行年度科研实施计划和月计划，也就是型号研制过程执行情况的总结；方便地实现用户对自己所关注项目的检索，并有效地掌控项目执行情况等。该企业目前还没有采用软件工具来辅助项目管理工作。根据企业的特点，采用了本文提出的第一种方案，即在Windchill系统上进行二次开发，增加了“项目”等对象类，并定制了相应的生命周期、工作流和用户界面，实现了基于Windchill的项目管理系统。该系统的项目创建界面如图2所示。

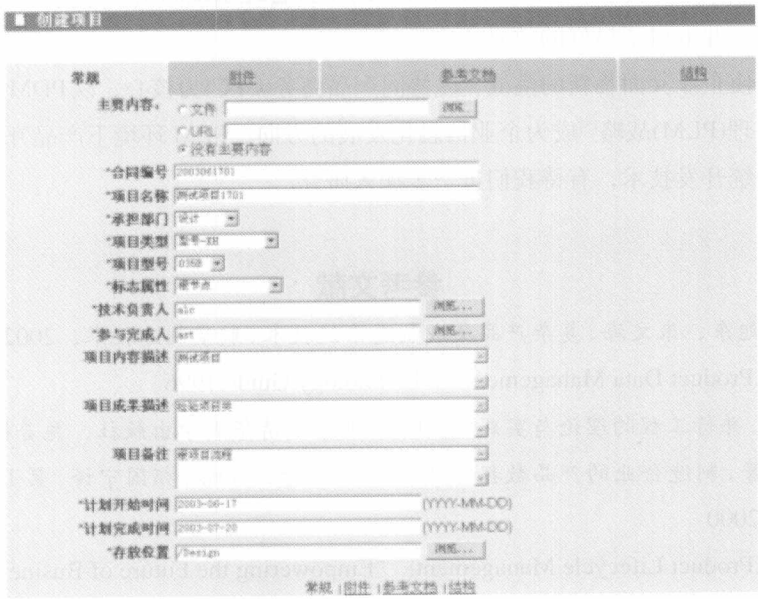

图2 基于Windchill的项目管理系统界面——创建项目